

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-333005

(43)Date of publication of application : 30.11.2001

---

(51)Int.Cl.

**H04B 7/08**

**H04B 7/02**

**H04B 7/06**

**H04B 10/105**

**H04B 10/10**

**H04B 10/22**

**H04B 10/02**

---

(21)Application number : 2000-153689

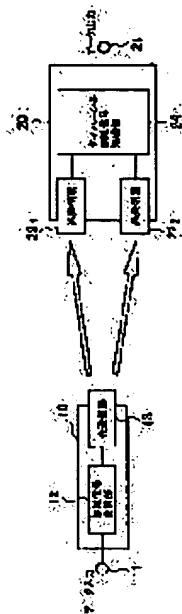
(71)Applicant : NTT DOCOMO INC

(22)Date of filing : 24.05.2000

(72)Inventor : YUKAWA YUJI  
YOSHINO HITOSHI  
YAMAO YASUSHI

---

(54) SYSTEM, METHOD AND DEVICE FOR OPTICAL SPACE TRANSMISSION



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high quality free-space optical transmission system, method and device by reducing deterioration of transmission and line disconnection even when an atmospheric refractive index fluctuates due to the fluctuations of atmospheric temperature and humidity.

SOLUTION: On a transmitting side 10, a radio signal modulating part 12 converts an information signal (data input signal) from an input 11 into a radio modulation signal. Its output is converted into an optical signal by an optical transmitter 13 to be transmitted into the free space. On a receiving side 20, the transmitted optical signal is received by a plurality of optical receivers 221 and 222 and respectively converted into electric signals. A diversity radio signal processing part 24 performs diversity synthesis and demodulation of outputs from the respective receivers 221 and 222, and the

demodulated information signals (data output signal) are outputted to an output 21.

---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  - 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  - 3.In the drawings, any words are not translated.
-

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The information signal of 1 which has 1 or two or more optical transmitters, and was changed into the wireless modulating signal The 1st optical communication device which transmits the information signal of 1 which shifted time amount, and transmitted from multiple times, 1, or two or more optical transmitters, or was changed into the wireless modulating signal from 1 or two or more optical transmitters, The optical space transmission system characterized by having 1 or two or more optical receivers, and having the 2nd optical communication device which is the input signal of the signal which said 1st optical communication device transmitted, carries out diversity composition of two or more input signals transmitted with two or more pass in time or spatially, and is received.

[Claim 2] The 1st optical communication device possessing the radio-signal modulation section which changes the information signal to transmit into a wireless modulating signal, and the optical transmitter which changes the output of said radio-signal modulation section into a lightwave signal, and is transmitted to space, The optical space transmission system characterized by having the 2nd optical communication device possessing two or more optical receivers which receive the lightwave signal transmitted through space from said optical transmitter, and are changed into a lightwave signal, and the diversity radio-signal processing section which compounds the output of two or more of said optical receivers.

[Claim 3] The radio-signal modulation section which changes the information signal to transmit into a wireless modulating signal, and a means to branch the output of said radio-signal modulation section to plurality, The 1st optical communication device possessing two or more optical transmitters which change each branched signal into a lightwave signal, and are transmitted to space, The optical receiver which bundles up two or more lightwave signals transmitted through space from said two or more optical transmitters, receives, and is changed into an electrical signal, The optical space transmission system which additive [ of the lightwave signal from said two or more optical transmitters ] is carried out, and is characterized by having the 2nd optical communication device possessing the radio-signal processing section which equalizes and compounds the output of said optical receiver changed into the electrical signal.

[Claim 4] A means to branch the information signal to transmit to plurality, and two or more radio-signal modulation sections which change each branched signal into a wireless modulating signal, The 1st optical communication device possessing two or more optical transmitters which change the output of two or more of said radio-signal modulation sections into a lightwave signal, and are transmitted to space, The optical receiver which bundles up two or more lightwave signals transmitted through space from said two or more optical transmitters, receives, and is changed into an electrical signal, The optical space transmission system which additive [ of the lightwave signal from said two or more optical transmitters ] is carried out, and is characterized by having the 2nd optical communication device possessing the radio-signal processing section which equalizes and compounds the output of said optical receiver changed into the electrical signal.

[Claim 5] The radio-signal modulation section which changes the information signal to transmit into a wireless modulating signal, and a means to branch the output of said radio-signal modulation section to plurality, The 1st optical communication device possessing two or more optical transmitters which change each branched signal into a lightwave signal, and are transmitted to space, Two or more optical receivers which receive two or more lightwave signals transmitted through space from said two or more optical transmitters, and are changed into an electrical signal, The optical space transmission system characterized by having the 2nd optical communication

device possessing the diversity radio-signal processing section which carries out identification composition of the output of two or more of said optical receivers.

[Claim 6] A means to branch the information signal to transmit to plurality, and two or more radio-signal modulation sections which change each branched signal into a wireless modulating signal, The 1st optical communication device possessing two or more optical transmitters which change the output of two or more of said radio-signal modulation sections into a lightwave signal, and are transmitted to space, Two or more optical receivers which receive two or more lightwave signals transmitted through space from said two or more optical transmitters, and are changed into an electrical signal, The optical space transmission system characterized by having the 2nd optical communication device possessing the diversity radio-signal processing section which carries out identification composition of the output of two or more of said optical receivers.

[Claim 7] It is the optical space transmission system characterized by providing the delay unit which delays some signals of the signal with which said 1st optical communication device branched to plurality in the optical space transmission system according to claim 6 from claim 3.

[Claim 8] The radio-signal modulation section which changes the information signal to transmit into a wireless modulating signal, and a means to branch the output of said radio-signal modulation section, The multiplexing machine which multiplexes said signal of the branched remainder with a delay unit and the output of said delay unit in some branched signals, The 1st optical communication device possessing the optical transmitter which changes the output of said multiplexing machine into a lightwave signal, and is transmitted to space, The optical space transmission system characterized by having the 2nd optical communication device possessing the optical receiver which receives the lightwave signal transmitted through space from said optical transmitter, and is changed into an electrical signal, and the radio-signal processing section which carries out identification composition of the output from said optical receiver.

[Claim 9] It is the optical space transmission system characterized by providing the quadrature modulation section to which the radio-signal modulation section of said 1st optical communication device carries out quadrature modulation of the output of the \*-SUBANDO modulation section and said \*-SUBANDO modulation section in an optical space transmission system according to claim 8 from claim 2.

[Claim 10] The optical space transmission system characterized by providing the local oscillator which oscillates the reference signal of a power converter and said power converter in the latter part of said quadrature modulation section in an optical space transmission system according to claim 9 from claim 2.

[Claim 11] It is the optical space transmission system characterized by providing the rectangular detection section which the radio-signal processing section of said 2nd optical communication device is transmitted from a transmitting side in the optical space transmission system according to claim 10 from claim 4 from claim 3, and claim 7, eats, and detects - SUPANDO wireless modulating signal, the equalizer which carries out identification composition of the output of said rectangular detection section, and the \*-SUBANDO recovery section which changes a wireless modulating signal into the information signal of a basis.

[Claim 12] In the optical space transmission system according to claim 10 from claim 4 from claim 3, and claim 7 the radio-signal processing section of said 2nd optical communication device The frequency-conversion section which changes into a \*-SUBANDO band the wireless modulating signal of the intermediate frequency transmitted from the transmitting side, or a radio frequency band, The local oscillator which oscillates the reference signal of said power converter, and the rectangular detection section which is outputted from said frequency converter, eats and detects - SUBANDO wireless modulating signal, The optical space transmission system characterized by providing the equalizer which carries out identification composition of the output of

said rectangular detection section, and the \*\*SUBANDO recovery section which changes a wireless modulating signal into the information signal of a basis.

[Claim 13] In the \*\*\*\* space transmission system according to claim 10 from claim 2, claim 7 from claim 5, and claim 9 the diversity radio-signal processing section of said 2nd optical communication device Two or more rectangular detection sections which were transmitted from the transmitting side and received with the optical receiver and which describe more than one and detect - SUBANDO signal, The optical space transmission system characterized by providing the \*\*SUBANDO diversity identification composition section which carries out diversity composition of the output of two or more of said rectangular detection sections, and the \*\*SUBANDO demodulator which changes the output from said diversity identification composition section into the information signal of a basis.

[Claim 14] In the optical space transmission system according to claim 10 from claim 2, claim 7 from claim 5, and claim 9 the diversity radio-signal processing section of said 2nd optical communication device The diversity composition section which carries out diversity composition of two or more intermediate frequencies which were transmitted from the transmitting side and received with the optical receiver, or the signal of a radio frequency band, The frequency-conversion section which carries out frequency conversion of the output from said diversity identification composition section, The local oscillator which oscillates the reference signal of said power converter, and the rectangular detection section which detects the \*\*SUBANDO wireless modulating signal outputted from said frequency converter, The \*\*\*\* space transmission system characterized by providing the equalizer which carries out identification composition of the output of said rectangular detection section, and the \*\*SUPANDO recovery section which changes a wireless modulating signal into the information signal of a basis.

[Claim 15] In the optical space transmission system according to claim 10 from claim 2, claim 7 from claim 5, and claim 9 the diversity radio-signal processing section of said 2nd optical communication device Two or more frequency-conversion sections which carry out frequency conversion of two or more intermediate frequencies which were transmitted from the transmitting side and received with the optical receiver, or the signal of a radio frequency band, respectively, The local oscillator which oscillates the reference signal of said power converter, and two or more rectangular detection sections which describe more than one from said two or more frequency converters, and detect - SUBANDO signal, The \*\*\*\* space transmission system characterized by providing the \*\*SUBANDO diversity identification composition section which carries out diversity composition of the output of two or more of said rectangular detection sections, and the \*\*SUBANDO demodulator which changes the output from said diversity identification composition section into the information signal of a basis.

[Claim 16] It is the optical space transmission system characterized by providing a means to maximum-ratio-compound two or more signals which the diversity radio-signal processing composition section of said 2nd optical communication device inputted in the optical space transmission system according to claim 14.

[Claim 17] It is the optical space transmission system characterized by providing the means which carries out selection composition of two or more signals which the diversity radio-signal processing composition section of a receiving side inputted in the optical space transmission system according to claim 14 according to receiving level.

[Claim 18] It is the optical space transmission system characterized by providing the means which carries out [ signals / which the diversity radio-signal processing composition section of said 2nd optical communication device inputted in the optical space transmission system according to claim 14 / two or more ] gain composition.

[Claim 19] It is the optical space transmission system characterized by providing a means to maximum-ratio-compound the output of the transversal equalizer which the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section of said 2nd optical communication device inputted in claim 13 and the optical space transmission system according to claim 15, and which describes more than one and equalizes - SUBANDO signal, respectively, and two or more of said equalizers.

[Claim 20] It is the optical space transmission system characterized by providing the means which carries out selection composition of the output of the transversal equalizer which the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section of said 2nd optical communication device inputted in claim 13 and the optical space transmission system according to claim 15, and which describes more than one and equalizes - SUBANDO signal, respectively, and two or more of said equalizers.

[Claim 21] It is the optical space transmission system characterized by providing the means which carries out [ output / of the transversal equalizer into which the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section of said 2nd optical communication device was inputted in claim 13 and the optical space transmission system according to claim 15, and which describes more than one and equalizes - SUBANDO signal, respectively, and two or more of said equalizers ] gain composition.

[Claim 22] It is the optical space transmission system characterized by the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section of said 2nd optical communication device possessing adaptation judging feedback mold transversal composition diversity in claim 13 and an optical space transmission system according to claim 15.

[Claim 23] It is the optical space transmission system characterized by the adaptation judging feedback mold transversal composition diversity of said 2nd optical communication device using adaptation algorithm for the decision of the tap multiplier of a transversal equalizer in an optical space transmission system according to claim 22.

[Claim 24] The optical space transmission system characterized by using a RLS algorithm in an optical space transmission system according to claim 23 as adaptation algorithm used for the decision of the transversal equalizer tap multiplier of said 2nd optical communication device.

[Claim 25] The optical space transmission system characterized by using an LMS algorithm in an optical space transmission system according to claim 24 as adaptation algorithm used for the tap multiplier decision of the transversal equalizer of said 2nd optical communication device.

[Claim 26] The optical space transmission system characterized by constituting an optical space transmission transmitter-receiver combining said the 1st optical communication device and said 2nd optical communication device in claim 1 thru/or an optical space transmission system given in 25.

[Claim 27] It is the optical space transmission approach which a transmitting side changes the information signal to transmit into a wireless modulating signal in the optical space transmission approach which carries out optical space transmission of for two predetermined points, transmits a lightwave signal with 1 or two or more optical transmitters, and is characterized by identification-compounding or diversity compounding and restoring to an output after changing a receiving side into an electrical signal with 1 or two or more optical receivers.

[Claim 28] In the optical communication device which has an optical transmitter in the optical space transmission system which consists of between the optical communication devices which have the received optical receiver which receives the signal from the optical communication device which has an optical transmitter, and the optical communication device which has an optical transmitter, and carries out diversity composition The optical communication device which the optical communication device which has an optical

transmitter has 1 or two or more optical transmitters, and has an optical transmitter The optical communication device which has the optical transmitter characterized by transmitting the information signal of 1 which shifted time amount, and transmitted the information signal of 1 changed into the wireless modulating signal from multiple times, 1, or two or more optical transmitters, or was changed into the wireless modulating signal from 1 or two or more optical transmitters.

[Claim 29] The optical communication device which has 1 or two or more optical transmitters which shift time amount and carry out multiple-times transmission of the information signal of 1 changed into the wireless modulating signal, In the optical communication device which has an optical receiver in the optical space transmission system which communicates between the optical communication devices which have an optical receiver by optical space transmission, the optical communication device which has an optical receiver The optical communication device which has the optical receiver which is the input signal of the signal which the optical communication device which has 1 or two or more optical receivers, and has said optical transmitter transmitted, and is characterized by carrying out diversity composition of two or more input signals transmitted with two or more pass in time or spatially, and receiving.

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an optical space transmission system, the optical space transmission approach, and an optical communication device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 17 is the block diagram showing the example of a configuration of the conventional optical communication device.

[0003] In the transmitting side 1 in drawing 17 (1), the information transmitted from the input edge 3 is inputted, the signal is changed into the signal format for carrying out optical communication by the signal transformation section 5, and optical transmission is carried out with the optical transmitter 6 in space. It is received by the optical receiver 7 by the receiving side 2, and the lightwave signal is changed into an electrical signal. The output is changed into an information signal by the signal transformation section 8, and is outputted to an outgoing end 4.

[0004] In drawing 17 (2), by the transmitting side 1, the information transmitted from the input edge 3 is inputted, the signal is changed into the signal format for carrying out optical communication by the signal transformation section 5, and optical transmission is carried out with the optical transmitter 6 in space. It is received by opening expanded by the receiving opening display magnifier 9 by the receiving side 2, image

formation of the lightwave signal is carried out to the receiving effective area of the optical receiver 7, and optical reception is carried out with the optical receiver 7. The lightwave signal received with the optical receiver 7 is changed into an electrical signal, and the output is changed into an information signal by the signal transformation section 8, and is outputted to an outgoing end 4.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since an atmospheric refractive index is changed by fluctuation of atmospheric temperature or humidity and the propagation path of a light beam is changed in case the lightwave signal transmitted from the optical transmitter spreads space and gets across to a receiving side, in a receiving side, fluctuation arises in receiving luminous intensity (a spot dance, beam bending, scintillation). Therefore, even when the weather condition of fine weather was good, degradation of the circuit quality by the above-mentioned phenomenon or generating of disconnection was a problem.

[0006] Moreover, although it was possible to have reduced the effect by expanding receiving opening like drawing 17 (2), big opening had to be made and there was a problem of being difficult, also from the field of an optical image formation technique and the magnitude of equipment.

[0007] Even when it is made in view of the above-mentioned problem and the refractive index of the atmospheric air by fluctuation of atmospheric temperature or humidity is changed, this invention reduces degradation and disconnection of the transmission quality, and aims at offering a quality optical space transmission system, the optical space transmission approach, and an optical communication device.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order that this invention may solve said trouble, after changing into a wireless modulating signal the information signal which transmits between the points of the plurality of arbitration by the transmitting side (the 1st optical communication device) in the optical space transmission system which performs optical space transmission, carrying out optical space transmission and changing into a wireless modulating signal as a lightwave signal with two or more optical receivers by the receiving side (the 2nd optical communication device), it is characterized by carrying out diversity composition reception.

[0009] By this receiving the lightwave signal transmitted to space from the optical transmitter with two or more optical receivers In case two or more lightwave signals through the optical propagation path with comparatively low correlation which became independent mostly can be acquired and diversity reception of it is carried out By changing and transmitting an information signal to the wireless strange recovery signal section, radio-signal processing can be applied to baseband processing of the transceiver section of optical space transmission, and improvement in receiving quality is attained by diversity, identification processing, etc.

[0010] Moreover, it becomes expandable [ the transmission capacity by multi-level-modulation-izing etc. ].

[0011] Moreover, or it changes the information signal to transmit into a wireless modulating signal in a transmitting side and changes into a lightwave signal each signal branched and distributed to plurality in the output, branch to plurality and an information signal is changed into a radio signal, respectively. The optical transmitter for transmitting to space as a lightwave signal in two or more preparations and a receiving side Two or more lightwave signals transmitted through space from said two or more optical transmitters are received collectively, and it changes into a lightwave signal, and is characterized by equalizing two or more radio signals which are contained in an output from said optical receiver and by which additive was carried out by radio-signal processing, and compounding them.

[0012] By this, transmit to space from two or more optical transmitters, and one optical receiver receives collectively, and the output by carrying out identification composition The diversity composition effectiveness



of two or more lightwave signals through the optical propagation path with comparatively low correlation which became independent mostly can be acquired. In case [ that ] identification composition is carried out By changing and transmitting an information signal to the wireless strange recovery signal section, the more nearly quality diversity effectiveness can be acquired by carrying out identification composition as radio-signal processing.

[0013] Moreover, improvement in the further transmission quality is attained by taking one transmission, receiving two or more networks or transmitting two or more networks, and not only one reception but the configuration of transmitting two or more networks which combined both, and receiving two or more networks.

[0014] Furthermore, after provide the delay unit which delays some signals of the signal which branched to plurality by the transmitting side, delay a part among the information signals changed into the wireless modulating signal which branched to plurality, and transmitting to space as a lightwave signal with two or more optical transmitters, respectively, and bundling up by the receiving side, and an optical receiver's receiving and changing into a radio signal, it is characterized by to carry out time diversity composition reception by carrying out identification composition.

[0015] Degradation of the transmission quality under the effect of the propagation path changed in time by this can be distributed in time, and it becomes improvable [ the transmission quality ].

[0016] Moreover, an information signal is changed into a wireless modulating signal, the output is branched, one signal is delayed in a transmitting side, and it multiplexes with another signal, and changes into a lightwave signal, it has transmitting to space with an optical transmitter, the lightwave signal transmitted through space from said optical transmitter is received in a receiving side, it changes into a radio signal, and it is characterized by to carry out time diversity composition reception of the output by carrying out identification composition.

[0017] Degradation of the transmission quality under the effect of the propagation path changed in time by this can be distributed in time, and it becomes improvable [ the transmission quality ].

[0018] In the above-mentioned configuration, the radio-signal modulation section is characterized by providing the quadrature modulation section which carries out quadrature modulation of the output to the \*-SUBANDO modulation section, passes, and changes and transmits - SUBANDO wireless modulating signal to a lightwave signal. Or the radio-signal modulation section carries out frequency conversion of the output of said quadrature modulation section, and is characterized by changing into the signal of an intermediate frequency or a radio frequency band, changing into a lightwave signal as a radio signal of an intermediate frequency or a radio frequency band, and transmitting. The radio-signal processing section of a receiving side is \*-SUBANDO transmission The rectangular detection section which detects the radio-signal output from an optical receiver, and the equalizer which equalizes two or more of the outputs, It is characterized by providing the \*-SUBANDO recovery section which changes the output into an information signal. In an intermediate frequency or radio frequency band transmission Frequency conversion of the radio-signal output from an optical receiver is carried out, and it is characterized by providing the \*-SUBANDO recovery section which changes into a \*-SUBANDO signal and changes into an information signal the rectangular detection section which detects the output, the equalizer which equalizes two or more of the outputs, and its output.

[0019] When this receives the lightwave signal from two or more optical transmitters by package, identification composition can be carried out by using an equalizer. In \*-SUBANDO transmission, the diversity radio-signal processing section states from two or more optical receivers, and carries out rectangular detection of the output of - SUBANDO signal, respectively, and identification diversity composition of the output is carried out by the \*-SUBANDO diversity identification composition section. Moreover, diversity composition of two or more

intermediate frequencies or the signal of a radio frequency band is carried out by the diversity composition section, in an intermediate frequency or radio frequency band transmission, changing the output into a \*\*-SUBBAND and getting over and two or more intermediate frequencies, or the signal of a radio frequency band is changed into a \*\*-SUBBAND, respectively, and it is characterized by carrying out \*\*-SUBBAND diversity identification composition.

[0020] The diversity composition section in an intermediate frequency or a radio frequency band is characterized by providing the function of the maximum ratio composition, selection composition, or \*\*\*\*\* composition. Moreover, the \*\*-SUBBAND diversity identification composition section equalizes two or more baseband signaling, respectively, and is characterized by to provide the function of the maximum ratio composition, selection composition, or \*\*\*\*\* composition after that, or providing adaptation judging feedback mold transversal composition diversity. The above-mentioned adaptation judging feedback mold transversal composition diversity is characterized by using adaptation algorithm for the decision of the tap multiplier of a transversal equalizer, and is characterized by using adaptation algorithm, such as a RLS algorithm or an LMS algorithm, for the algorithm.

[Detailed description]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing.

[0021] It is drawing showing the case where drawing 3 forms two or more transmitters or receivers in the optical transmitter of a transmitting side, and the optical receiver of a receiving side, from drawing 1 .

[0022] In addition, in the following explanation, although the example established two explains, respectively as two or more optical transmitter or two or more optical receivers, the invention in this application is applicable with two or more [ not only two but ] optical transmitters, or the number of optical receivers.

[0023] In drawing 1 , the information signal (data in signal) from the input edge 11 is changed into a wireless modulating signal by the radio-signal modulation section 12 by the transmitting side 10. The output is changed into a lightwave signal by the optical transmitter 13, and is transmitted to space by it.

[0024] In a receiving side 20, it is received by two or more optical receivers 221 and 222, and the transmitted lightwave signal is changed into an electrical signal, respectively. The information signal (data out signal) which diversity-compounded, and got over and restored to the output from each optical receivers 221 and 222 by the diversity radio-signal processing section 24 is outputted to an outgoing end 21.

[0025] In this example, when an input signal is changed into a wireless modulating signal and carries out optical transmission, it becomes possible to perform signal processing, such as diversity used by radio, and, the further improvement in communication link quality is attained.

[0026] In drawing 2 , the information signal from the input edge 11 is changed into a wireless modulating signal by the radio-signal modulation section 12 by the transmitting side 10. The output branches to plurality by the turnout 14 (in drawing 2 , although it has branched to two, this invention is not limited to two.). By two or more branching, the invention in this application is applicable. The same is said of the following branching. It is changed into a lightwave signal by the optical transmitters 131 and 132, and is transmitted to space by them, respectively.

[0027] It is collectively received by the optical receiver 22 of a receiving side, and each lightwave signal transmitted to space is changed into an electrical signal. Respectively it identification-compounds, and gets over, and the output by which electric conversion was carried out is changed into the information signal of a basis by the radio-signal processing section 23, and is outputted to an outgoing end 21.

[0028] Moreover, in drawing 2 , what inserted the delay unit 16 in one output of a turnout 14 is shown in

drawing 6 .

[0029] A delay unit 16 is inserted in one side of the signal which branched the output of the radio-signal modulation section of a transmitting side like drawing 6 , by carrying out optical transmission, by the receiving side, it becomes possible to acquire the time diversity effectiveness, and improvement in the further communication link quality is attained.

[0030] In addition, a delay unit may be prepared in the output of the turnout 14 of another side. Moreover, there is two or more branching, and when inserting two or more delay units, the amount of delay of each delay unit may be changed.

[0031] In drawing 3 , by the transmitting side 10, the information signal from input 11 edge branches to plurality by the turnout 15, and is changed into a wireless modulating signal by the radio-signal modulation sections 121 and 122, respectively. The output is changed into a lightwave signal by the optical transmitters 131 and 132, and is transmitted to space by them, respectively.

[0032] It is collectively received by the optical receiver 22 of a receiving side 20, and each lightwave signal transmitted to space is changed into an electrical signal. Respectively it identification-compounds, and gets over, and this output by which electric conversion was carried out is changed into the information signal of a basis by the radio-signal processing section 23, and is outputted to an outgoing end 21.

[0033] Moreover, like drawing 7 , by the receiving side, it becomes possible to acquire the time diversity effectiveness, and improvement in communication link quality is attained by carrying out optical transmission, after inserting a delay unit 16 in one output ( drawing 7 output of the radio-signal modulation section 121) of the radio-signal modulation sections 121 and 122 of a transmitting side 10.

[0034] In addition, when branching is three or more, a delay circuit different, respectively may be inserted.

[0035] Drawing 4 and drawing 5 are drawings showing the case where two or more optical transmitters of a transmitting side and optical receivers of a receiving side are formed.

[0036] The output of the radio-signal modulation section 12 is branched, and two or more optical transmitters 13 of a transmitting side are formed, and at the transmitting side 10 in drawing 4 , by the transmitting side 10 in drawing 5 , the information signal from the input edge 11 is branched, and it is transmitted to space by two or more optical transmitters 131 and 132 through the radio-signal modulation sections 121 and 122, respectively.

[0037] Moreover, in the receiving side 20 in drawing 4 and drawing 5 , the lightwave signal received with two or more optical receivers 221 and 222 is changed into an electrical signal, and the diversity radio-signal processing section 24 equalizes and receives [ diversity composition ].

[0038] Moreover, drawing 8 and drawing 9 insert a delay unit 16 in a part of signal which branched by the turnout 14 or 15 by the transmitting side 10 in drawing 4 and drawing 5 . From a transmitting side 10, the same signal differs in time amount and is transmitted, in a receiving side 20, what was indicated by drawing 8 and drawing 9 becomes possible [ acquiring the time diversity effectiveness collectively ], and improvement in communication link quality of it is attained.

[0039] In drawing 10 , the information signal from the input edge 11 is changed into a radio signal by the radio-signal modulation section 12. The output branches by the turnout 17, one side is delayed by the delay unit 18, and it is again multiplexed with another signal and multiplexing machine 19. The signal it was multiplexed [ signal ] is changed into a lightwave signal by the optical transmitter 13, and is transmitted to space.

[0040] By the receiving side 20, it is received by the optical receiver 22 and the lightwave signal from a transmitting side 10 is changed into an electrical signal. Identification composition is carried out by the radio-signal processing section 23, and the output is changed into the information signal of a basis, and is

outputted from an outgoing end 21.

[0041] The time diversity effectiveness can obtain by branching a wireless modulating signal by the transmitting side 10, delaying one side, carrying out optical transmission, after multiplexing again, and carrying out identification composition by the receiving side by the configuration of drawing 10 .

[0042] In drawing 11 , the example of a configuration of the wireless modulation section in drawing 10 is shown from drawing 1 .

[0043] Drawing 11 (1) is the case of \*\*-SUBANDO transmission.

[0044] It states by I (In Phase) component and Q (Quadrature Phase) \*\*, and is changed into - SUBANDO modulating signal by the \*\*-SUBANDO wireless modulation section 33, quadrature modulation of I and the Q component is carried out with the quadrature modulation vessel 34, and the inputted information signal is outputted from an output terminal 32.

[0045] Drawing 11 (2) is the case of an intermediate frequency or radio frequency band transmission. The output of the quadrature modulation machine 34 in drawing 11 (1) is changed into a desired frequency band by a local oscillator 36 and the frequency-conversion section 35, and it is outputted from an output terminal 32.

[0046] Drawing 12 is drawing 2 and the radio-signal processing section in 3, 6, 7, and 10, and shows the example of a configuration of the radio-signal processing section when a receiving side receives the signal from two or more optical transmitters with one optical receiver.

[0047] Drawing 12 (1) is inputted and, in the case of \*\*-SUBANDO transmission, is eaten, rectangular detection of the - SUBANDO wireless modulating signal is carried out by the rectangular detection section 43, and I and Q component are outputted. Identification composition of a direct wave component and the delay wave component is carried out by the equalizer 44, and the output is changed into the information signal of a basis by the \*\*-SUBANDO recovery section 45.

[0048] The radio signal of the intermediate frequency or radio frequency band into which drawing 12 (2) was inputted in the case of radio frequency band transmission [ an intermediate frequency or ] is changed into a \*\*-SUBANDO band by the frequency conversion section 46 and the local oscillator 47. The output is changed into the information signal of a basis by the rectangular detection section 43, an equalizer 44, and the baseband recovery section 45.

[0049] Drawing 13 shows the example of a configuration of the diversity radio-signal processing section when a receiving side receives with two or more optical receivers, as shown in drawing 1 , and 4, 5, 8 and 9.

[0050] Plurality is inputted, in the case of \*\*-SUBANDO transmission drawing 13 (1) is eaten, rectangular detection of the - SUBANDO radio signal is carried out in the rectangular detection sections 531 and 532, respectively, and I and Q component are outputted. Diversity composition is equalized and carried out by the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section 54, and each output is changed into the information signal of a basis by the \*\*-SUBANDO recovery section 55, and is outputted.

[0051] In the case of radio frequency band transmission [ an intermediate frequency or ], drawing 13 (2) is the case where drawing 13 (2) and (A) perform diversity composition with an intermediate frequency or a radio frequency band. Diversity composition of the radio signal of the inputted two or more intermediate frequencies or the radio frequency band is carried out by the diversity composition section 56, and the output is changed into the signal of a \*\*-SUBANDO band by the frequency conversion section 57 and the local oscillator 58, identification is carried out with an equalizer 59 through the rectangular detection section 53, and it is changed into the information signal of a basis by the \*\*-SUBANDO recovery section 55, and is outputted from an output terminal 52.

[0052] Drawing 13 (2) and (B) are the cases where diversity composition is performed by \*\*-SUBANDO.

[0053] The radio signal of the inputted two or more intermediate frequencies or the radio frequency band is changed into the signal of a desired intermediate frequency band by the frequency-conversion sections 571 and 572 and the local oscillator 58, respectively, and rectangular detection is carried out by the rectangular detection sections 531 and 532. Diversity composition is equalized and carried out by the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section 54, and two or more of the outputs are changed into the information signal of a basis by the \*\*-SUBANDO recovery section 55, and are outputted from an output terminal 52.

[0054] In drawing 14, the example of a configuration of the diversity composition section in drawing 13 (2) which performs diversity composition with an intermediate frequency or a radio frequency band, and (A) is shown.

[0055] The amplitude and phase of a signal as which drawing 14 (1) was inputted from the input terminal inputs 611 and 612 in the case of maximum ratio composition are detected by the amplitude and the phase detecting elements 631 and 632. Based on the amplitude and phase which were detected by the phase detecting elements 631 and 632, the amplitude and a phase are controlled by the amplitude and the phase control sections 641 and 642, respectively, and it is multiplexed so that it may be compounded on in phase and this level with the multiplexing vessel 65.

[0056] Level detection of the signal into which drawing 14 (2) was inputted from the input terminal inputs 611 and 612 in the case of selection composition is carried out by the amplitude detecting elements 661 and 662, respectively. According to the detected level, a transfer switch is controlled, a signal with higher level is switched, and the amplitude detecting elements 661 and 662 are outputted from an output terminal 62.

[0057] It is multiplexed with the multiplexing vessel 65 and the signal into which drawing 14 (3) was inputted in the case of \*\*\*\*\* composition is outputted, respectively.

[0058] Drawing 15 shows the example of a configuration of the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section in drawing 13 (1) which performs diversity composition by \*\*-SUBANDO and drawing 13 (2), and (B).

[0059] As for drawing 15 (1), in the maximum ratio composition, in selection composition, drawing 15 (3) shows the case of \*\*\*\*\* composition, as for drawing 15 (2). The signal of I and Q component which were inputted is maximum ratio composition, selection-compounded or \*\*\*\*\* compounded like the case of drawing 14, after identification is carried out by equalizers 731 and 732, respectively.

[0060] Drawing 16 shows another example of a configuration of the \*\*-SUBANDO diversity identification composition section in drawing 13 (1) and drawing 13 (2), and (B).

[0061] This shows the example which applied judgment feedback mold transversal composition diversity. Actuation of this configuration is explained in full detail below.

[0062] In addition, drawing 16 is an example of a configuration in the case of 2 branch diversity ( $K=2$ ). Here, the case of K branch diversity at the time of generally using K optical receivers is explained.

[0063] In drawing 16, since a modulation radio signal deals with the IQ \*\*-SUBANDO signal by which rectangular detection was carried out, the feedforward filter (FFF) and feedback filter (FBF) corresponding to each receiving branch consist of complex transversal filters.

[0064] FFF which uses the signal received by each diversity branch here since a timing phase may change with time delay distributions in a transmission line can be made into a fraction spacing form so that this timing jitter can be absorbed. In addition, FBF is good at the symbol time interval of a modulating signal.

[0065] Here, it explains by the case where the time interval of the one half of symbol time amount is used, as a

time interval of FFF. Moreover, the example in the case of K branch diversity which receives with K optical receivers explains the coming lightwave signal.

[0066] The wireless modulating signal which the Kth optical receiver outputs among K optical receivers is inputted into the rectangular detection section (for example, rectangular detection section 53 in drawing 13 (1) and drawing 13 (2), and (B)), and rectangular detection is carried out. After rectangular detection, a wireless modulating signal is described as an inphase component (I component) an orthogonal component (Q component), and turns into - SUBANDO signal. By sampling Above I and a Q \*-SUBANDO signal with an A/D converter (not shown), the sampled-value sequence of complex baseband signaling is acquired, and it is inputted into input terminals 811 and 812.

[0067] Here, since it is FFF which used the time interval of the one half of symbol time amount, when the sampled-value sequence of a \*\*\*\*\*-SUBANDO signal sets symbol spacing to T, the sampled value of the \*\*\*\*\*-SUBANDO signal of T/2 time interval will be dealt with as an input signal sample sequence. Input signal vector  $X_k$  in the Kth branch when the input signal sample sequence of time-of-day  $t=iT$  (T is symbol spacing) in said Kth branch is made into the input signal vector  $X_k(i)$  (i)  $X_kH(i) = [y_k^*(i) \ y_k^*(i-1/2) \dots y_k^*(i-(NF-1)/2)]$  (1)

It carries out. However, \* expresses a complex conjugate and NF expresses the number of taps of FFF.

[0068] Moreover, tap multiplier vector WK of FFF corresponding to the Kth branch (i)  $WKH(i) = [WK, i^*(0) \ WK, i^*(1) \dots WK, i^*(NF-1)]$  (2)

It becomes. Furthermore, when the input of a decision value, i.e., FBF, is set to d (i), it is the tap signal  $X_0$  of FBF (i).  $X_0(i) = [d^*(i-1) \ d^*(i-2) \dots d^*(i-NB)]$  (3)

It becomes. Here, NB is the number of taps of FBF. Tap multiplier  $W_0$  of FBF (i)  $W_0H(i) = [W_0, i^*(0) \ W_0, i^*(1) \dots W_0, i^*(NB)]$  (4)

Tap multiplier vector W (i) which compounded the signal vector X (i) and formula (2) to set, and which compounded a formula (1) and (3) and were obtained here, and (4), and was obtained is defined as follows.

[0069]

$$XH(i)=[X_0H(i) \ X_1H(i) \ X_2H(i)] \quad (5)$$

$$WH(i)=[W_0H(i) \ W_1H(i) \ W_2H(i)] \quad (6)$$

These are M-dimensional vectors. However, it is  $M=2 \ NF+NB$ . a time -- i -- setting -- using -- a tap -- a multiplier -- \*\*\*\*\* -- a time -- i -- the forecast  $W(i-1)$  calculated by 1 is used. Therefore, input signal y to a judgment machine (i)  $y(i) = W(i-1) X(i)$  (7)

It is come out and expressed. Prior presumption error alpha (i) is expressed with a degree type using value d (i) which judged this.

[0070]

$$\alpha(i) = d(i) - y(i) \quad (8)$$

When a RLS (Recursive Least Squares) algorithm is applied using these variables, as it is the following, the tap multiplier vector W (i-1) is updated.

[0071]

$$P(0) = \Delta I \quad (9a)$$

$$W(0)=[0] \quad (9b)$$

$$k(i) = \{\lambda P(i-1) X(i)\} / \{1 + \lambda XH(i) P(i-1) X(i)\} \quad (10a)$$

$$\alpha(i) = d(i) - W(i-1) X(i) \quad (10b)$$

$$W(i) = W(i-1) + k(i) \alpha(i) \quad (10c)$$

$$P(i) = (1 - \lambda)P(i-1) - k(i) X(i) X(i)^T P(i-1) \quad (10d)$$

However, a formula (9) is initial condition,  $\delta$  is the forward small real number and  $P(i)$  is the square matrix of  $M \times N$ . The formula (10) whose  $I$  is a unit matrix and whose  $[0]$  is the zero vector is a formula serially.

$\lambda$  is an oblivion multiplier and  $k(i)$  is the Kalman multiplier.

[0072] Identification diversity composition can be carried out by \*\*\*\*\*-SUBANDO signal processing of each diversity branch corresponding to the input signal from each optical receiver by the above actuation.

[0073] Moreover, in the above-mentioned invention, other algorithms, such as an LMS (Least Mean Squares) algorithm, can also be used as adaptation algorithm. In here, in said judgment feedback form transversal composition diversity, a tap multiplier can be adjusted using adaptation algorithm to a transmission line including an optical space propagation path, transmission-line distortion can be removed, distortion of propagation paths, such as a spot dance in an optical space propagation path, beam bending, scintillation, and other propagation delay distortion, is amended, and an improvement of the transmission quality can be performed. The place which does not amend a light modulation signal directly, but is transformed to a wireless modulating signal, transmits and can amend the distortion in an optical space propagation path by signal processing in a \*\*\*\*\*-SUBANDO signal is the description.

[0074]

[Effect of the Invention] By according to this invention, carrying out the \*\*-SUBANDO modulation of the information signal, and carrying out an optical space communication link by the transmitting side in the communication mode which communicates between the points of arbitration by optical space transmission, as explained above Since it becomes possible to apply signal-processing techniques, such as identification, diversity composition, etc. which were performed by radio, and degradation and disconnection of the transmission quality by atmospheric humidity or temperature fluctuation can be reduced, A quality optical space transmission system, the optical space transmission approach, and an optical communication device can be offered.

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the example (an optical receiver is plurality) of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter is plurality) (the 1) of this invention.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter is plurality) (the 2) of this

invention.

[Drawing 4] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter and an optical receiver are plurality) (the 1) of this invention.

[Drawing 5] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter and an optical receiver are plurality) (the 2) of this invention.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter is plurality and some sending signals are delayed) (the 1) of this invention.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter is plurality and some sending signals are delayed) (the 2) of this invention.

[Drawing 8] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter and an optical receiver are plurality, and some sending signals are delayed) (the 1) of this invention.

[Drawing 9] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter and an optical receiver are plurality, and some sending signals are delayed) (the 2) of this invention.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the example (an optical transmitter and an optical receiver are units, and the delay circuit was established in the transmitter) of this invention.

[Drawing 11] It is the block diagram showing the example of a configuration of the radio-signal modulation section.

[Drawing 12] It is the block diagram showing the example of a configuration of the radio-signal processing section.

[Drawing 13] It is the block diagram showing the example of a configuration of the diversity radio-signal processing section.

[Drawing 14] It is the block diagram showing the example of a configuration of the diversity composition section.

[Drawing 15] It is the block diagram showing the example of a configuration of the diversity identification composition section (the 1).

[Drawing 16] It is the block diagram showing the example of a configuration of the diversity identification composition section (the 2).

[Drawing 17] It is the block diagram showing a Prior art.

[Description of Notations]

10 Transmitting Side

11, 31, 41, 51, 61, 71, 81 Input terminal

12 30 Radio-signal modulation section

13 Optical Transmitter

14 17 Turnout

15 Data Fork Machine

16 18 Delay unit

19 Multiplexing Machine

20 Receiving Side

21, 32, 42, 52, 62, 72, 82 Output terminal

22 Optical Receiver

23 40 Radio-signal processing section

24 50 Diversity radio-signal processing section



33 Baseband Modulation Section  
34 Quadrature Modulation Machine  
35, 46, 57 Frequency-conversion section  
36, 47, 58 Local oscillator  
43 53 Rectangular detection section  
44, 59, 73 Equalizer  
45 55 Baseband recovery section  
54 Baseband Diversity Identification Composition Section  
56, 60, 80 Diversity composition section  
63 74 The amplitude, phase detecting element  
64 75 The amplitude, the phase control section  
65 76 Multiplexing machine  
66 77 Amplitude detecting element  
67 78 Transfer-switch section  
83 FFF  
84 Tap Multiplier Control Unit  
85, 86, 89 Adder  
87 Judgment Machine  
88 FBF

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

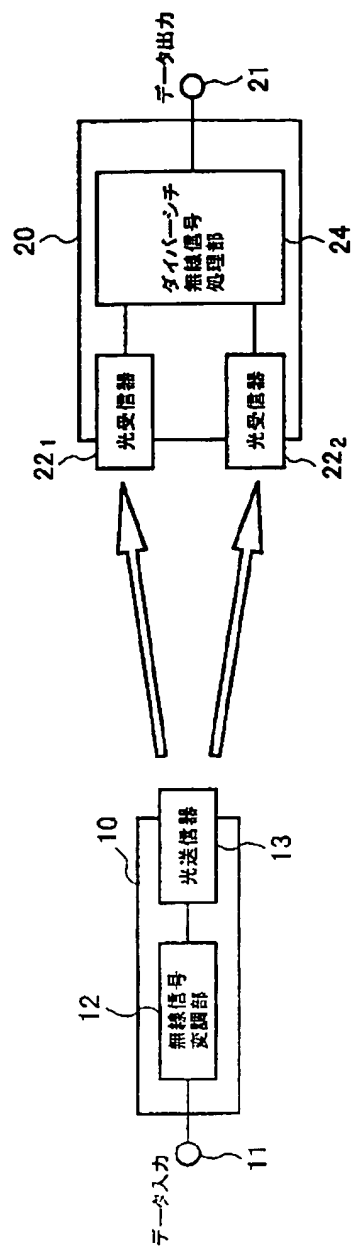
---

DRAWINGS

---

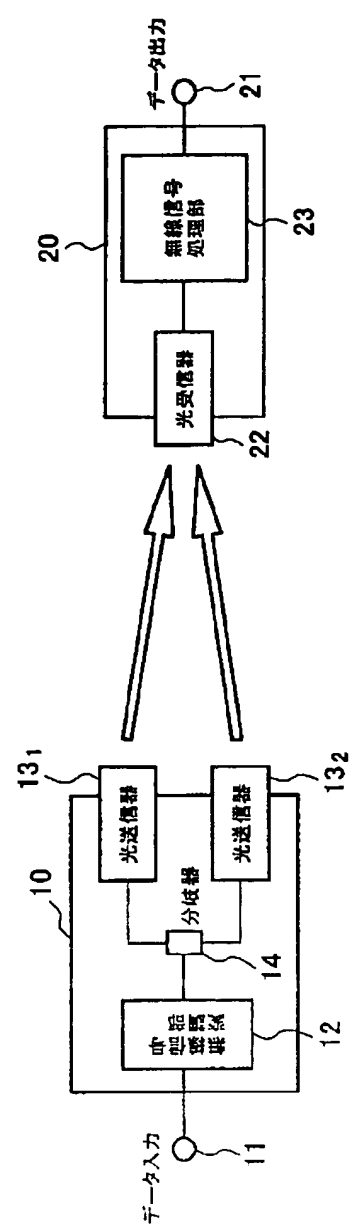
[Drawing 1]

本発明の実施例（光受信機器が複数）を示すブロック図



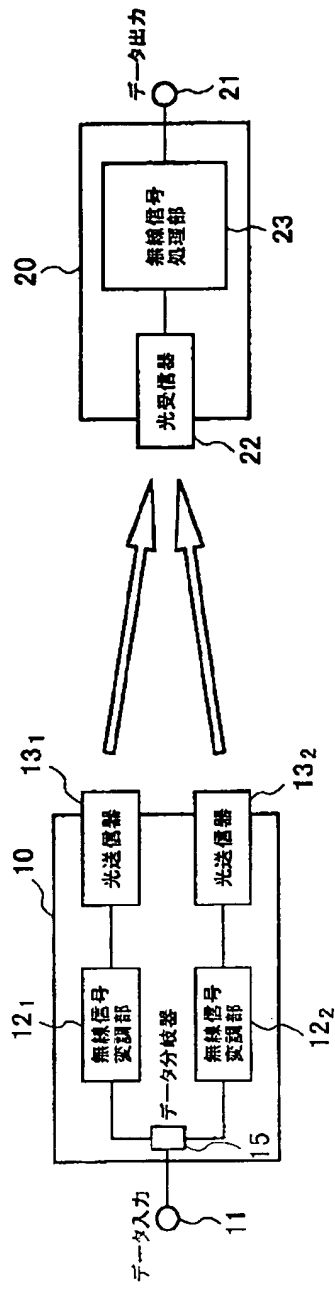
[Drawing 2]

本発明の実施例（光送信器が複数）（その１）を示すブロック図



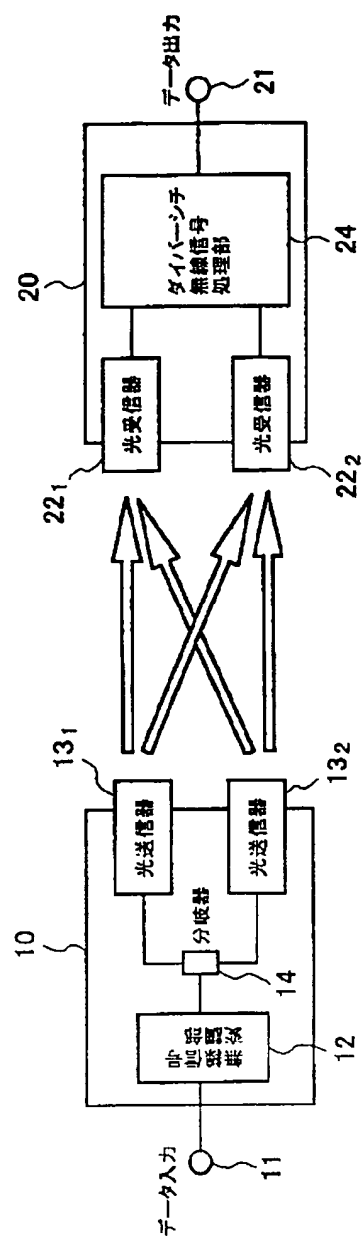
[Drawing 3]

本発明の実施例（光送信器が複数）（その２）を示すブロック図



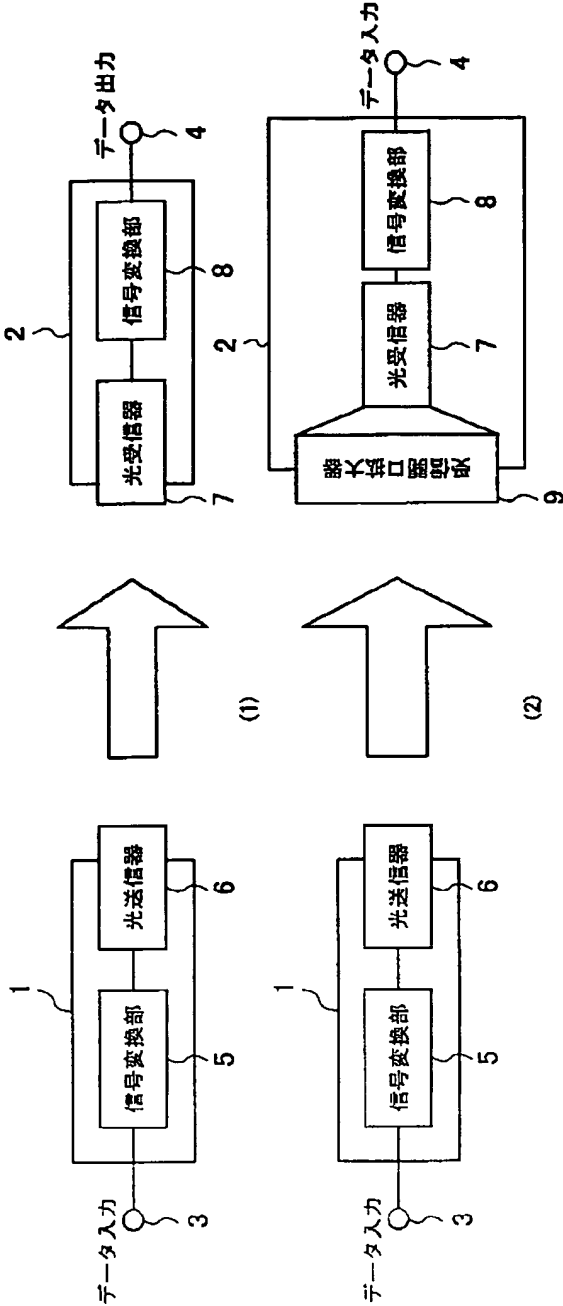
[Drawing 4]

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数）  
（その１）を示すブロック図



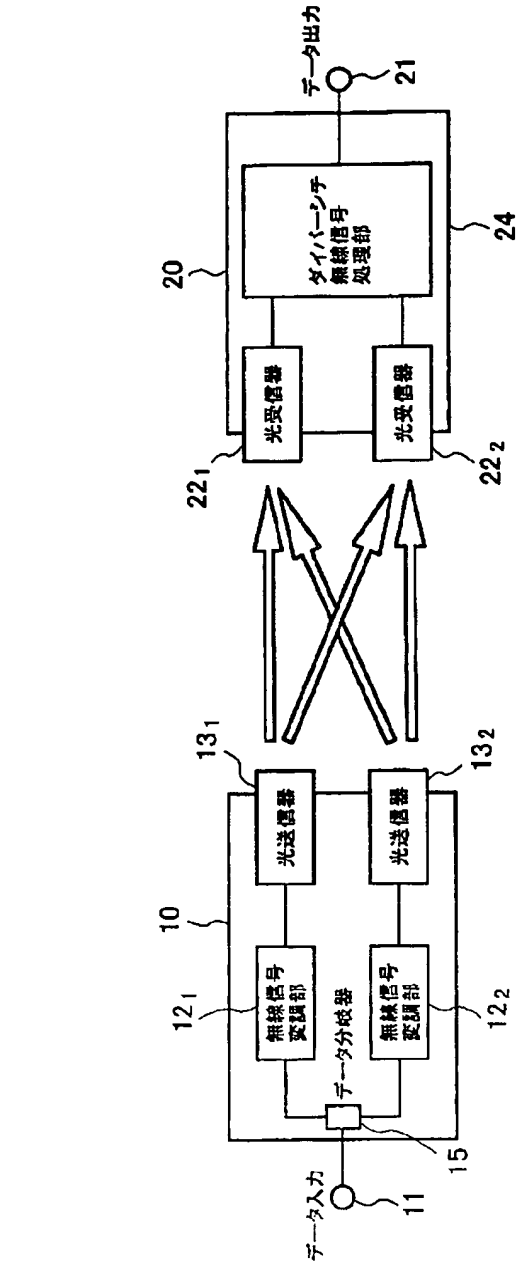
[Drawing 17]

従来の技術を示すブロック図



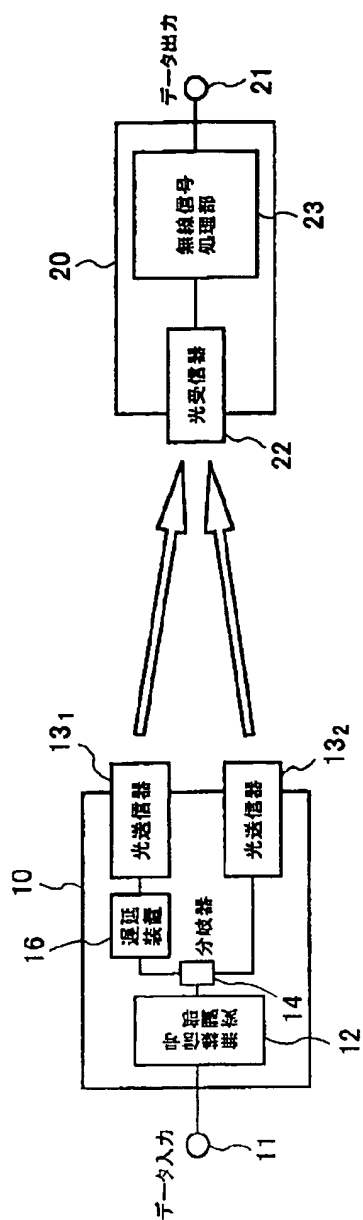
[Drawing 5]

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数）  
（その２）を示すブロック図



[Drawing 6]

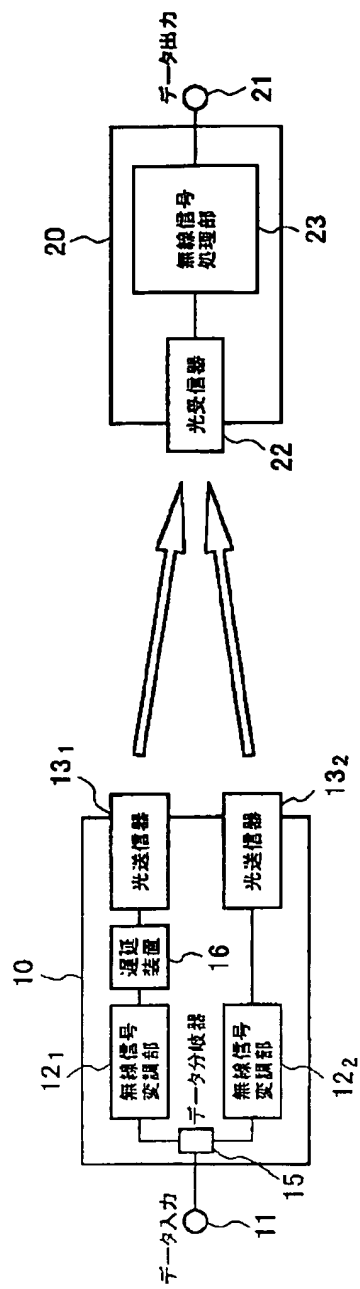
本発明の実施例（光送信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その１）を示すブロック図



[Drawing 7]

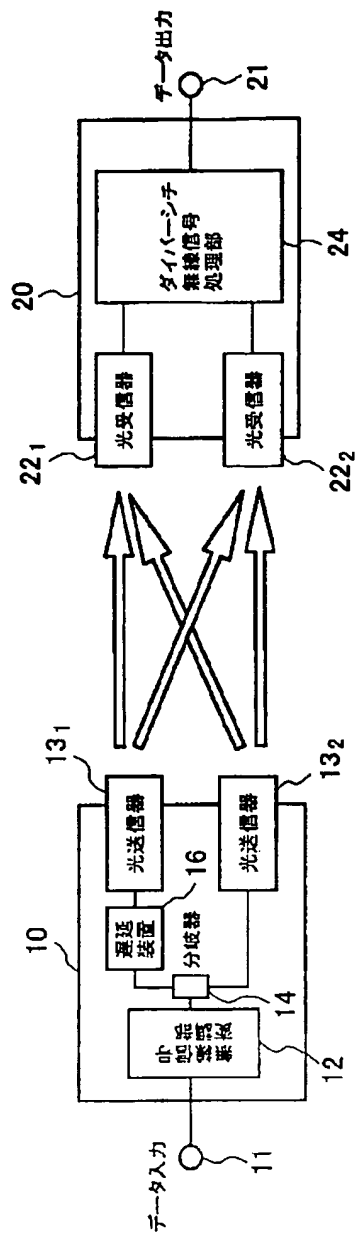


本発明の実施例（光送信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その2）を示すブロック図



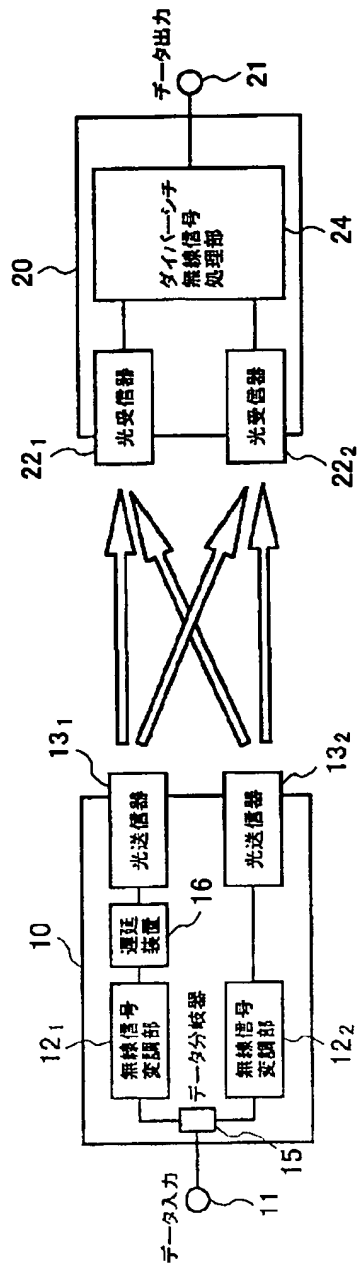
[Drawing 8]

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その１）を示すブロック図



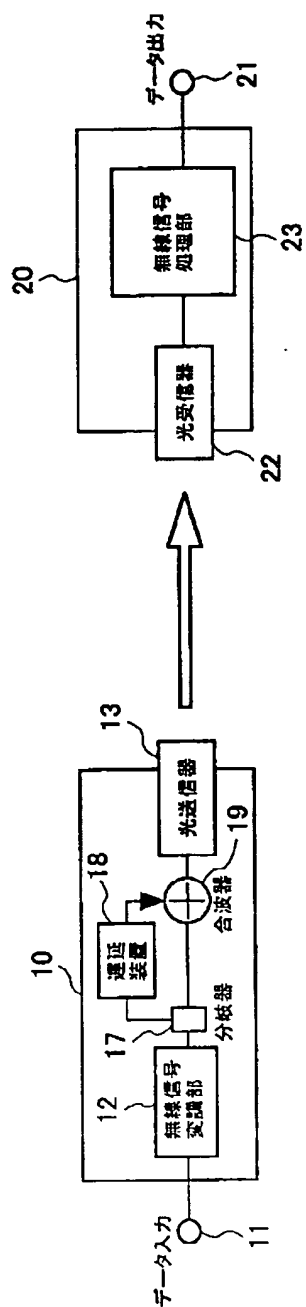
[Drawing 9]

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その2）を示すブロック図



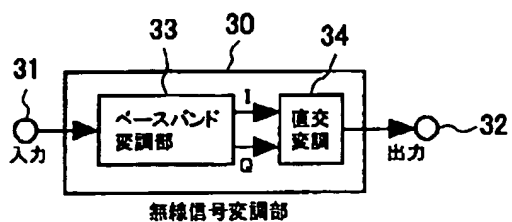
[Drawing 10]

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が単数で、送信器に遅延回路を設けた）を示すブロック図

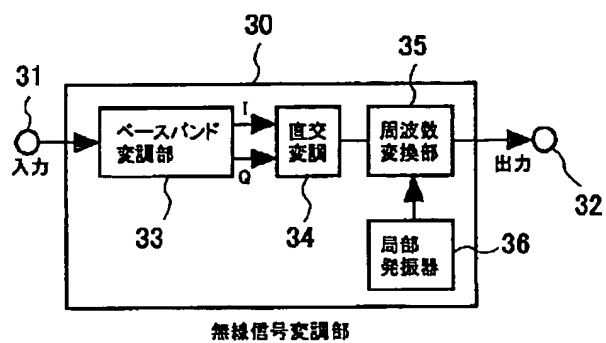


[Drawing 11]

# 無線信号変調部の構成例を示すブロック図



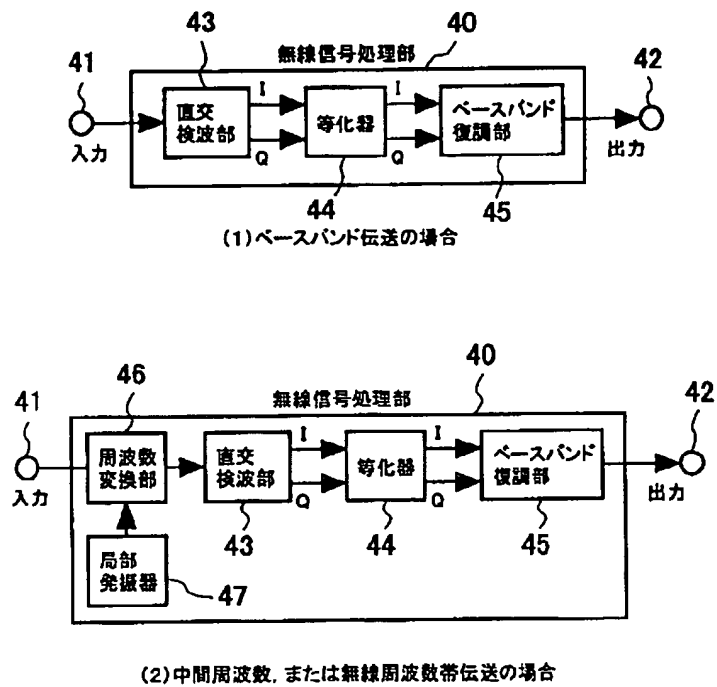
(1)ベースバンド伝送の場合



(2)中間周波数、または無線周波数帯伝送の場合

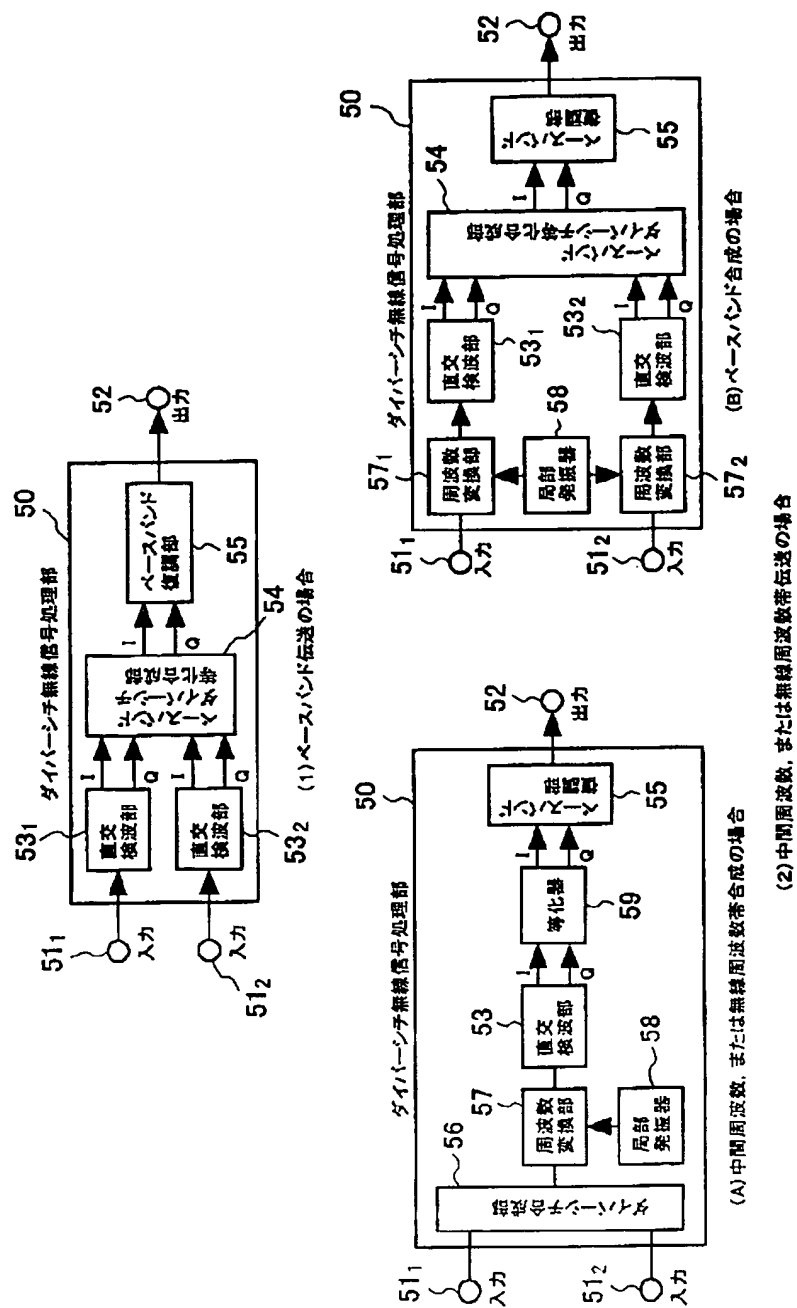
[Drawing 12]

# 無線信号処理部の構成例を示すブロック図



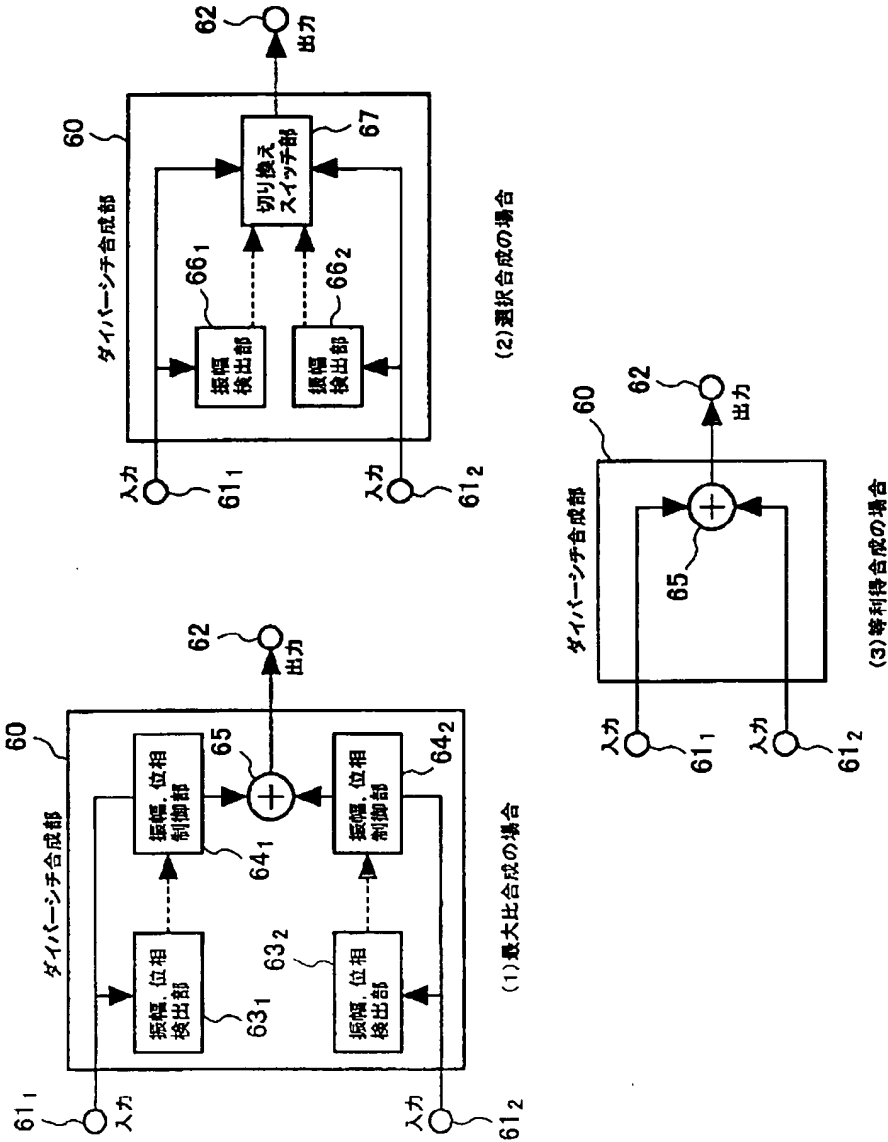
[Drawing 13]

ダイバーシチ無線信号処理部の構成例を示すブロック図



[Drawing 14]

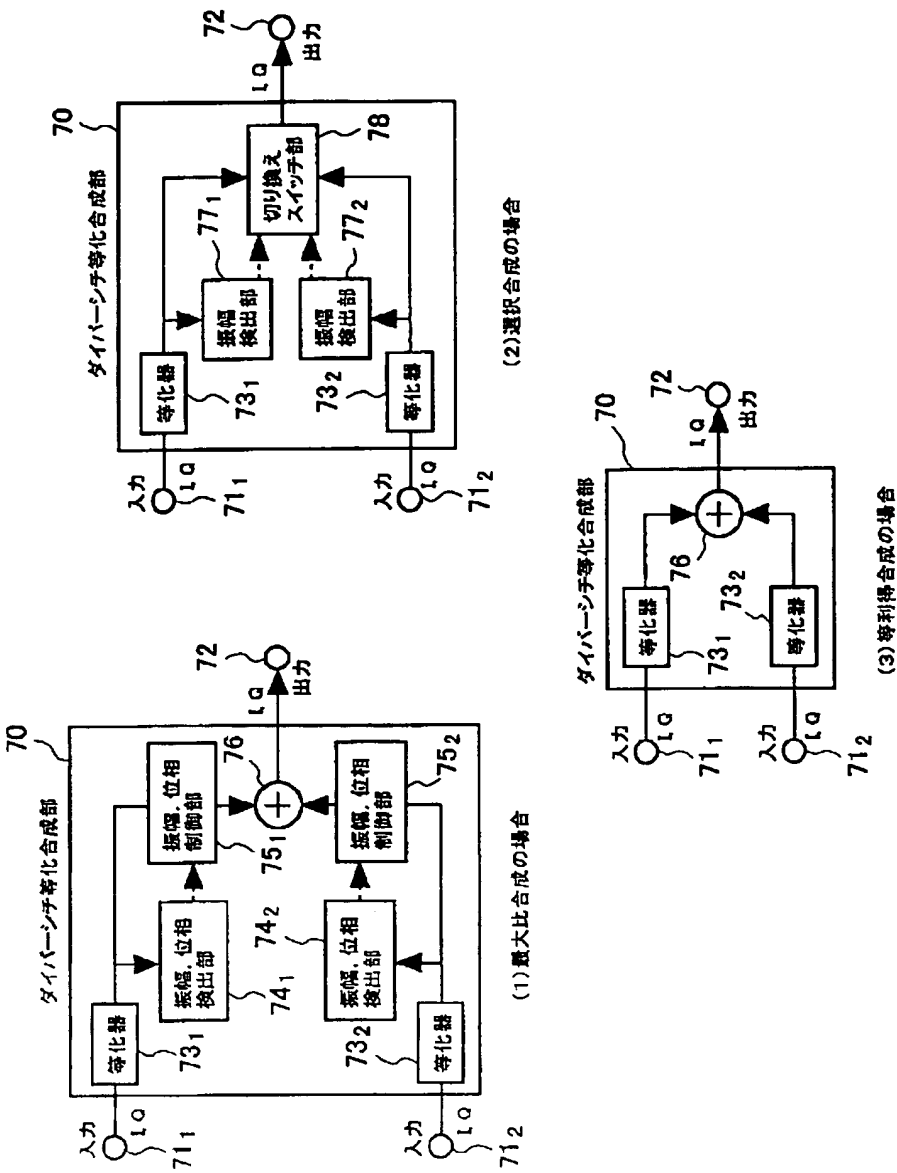
ダイバーシチ合成部の構成例を示すブロック図



[Drawing 15]

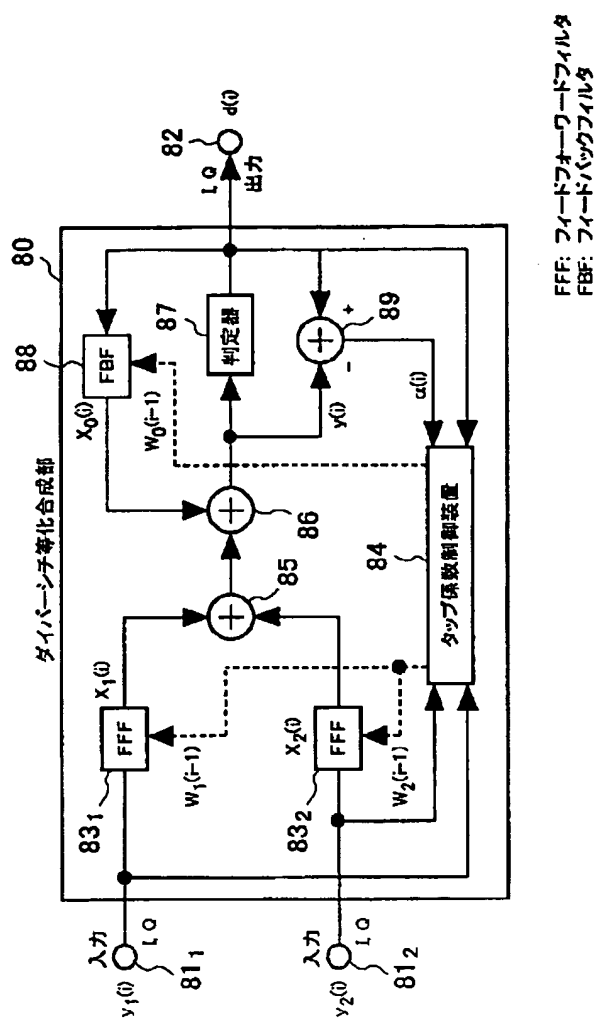


ダイバーシチ等化合成部の構成例（その１）を示すブロック図



[Drawing 16]

ダイバーシチ等化合成部の構成例（その２）を示すブロック図



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-333005  
(P2001-333005A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 4 B	7/08	H 0 4 B	7/08
	7/02		7/02
	7/06		7/06
	10/105		9/00
			R
審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 25 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-153689 (P2000-153689)

(22) 出願日 平成12年5月24日 (2000.5.24)

(71) 出願人 392026693

株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ  
東京都千代田区永田町二丁目11番1号

(72) 発明者 油川 雄司

東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株  
式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(73) 発明者 吉野 仁

東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株  
式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

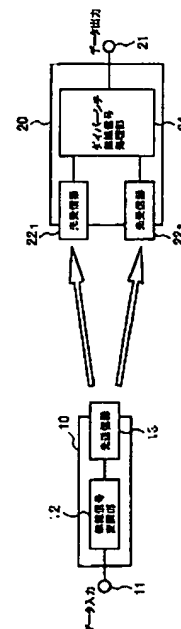
(54) 【発明の名称】 光空間伝送システム、光空間伝送方法及び光空間伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 大気温度や湿度の変動による大気屈折率の変動した場合でも、伝送品質の劣化や回線断を低減して、高品質な光空間伝送システム、光空間伝送方法及び光空間伝送装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 送信側10では、入力端11からの情報信号（データ入力信号）は、無線信号変調部12によって無線変調信号に変換される。その出力は、光送信器13によって光信号に変換され、空間に送信される。受信側20では、送信された光信号が複数の光受信器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>によって受信され、それぞれ電気信号に変換される。各光受信器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>からの出力は、ダイバーシチ無線信号処理部24により、ダイバーシチ合成及び復調され、復調された情報信号（データ出力信号）が出力端21に出力される。

本発明の実施例（光受信機器が複数）を示すブロック図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1又は複数の光送信器を有し、無線変調信号に変換された一の情報信号を、時間をずらして複数回、1又は複数の光送信器から送信するか、又は無線変調信号に変換された一の情報信号を、1又は複数の光送信器から送信する第1の光空間伝送装置と、

1又は複数の光受信器を有し、前記第1の光空間伝送装置が送信した信号の受信信号であって、時間的又は空間的に複数のパスで伝送された複数の受信信号をダイバーシチ合成して受信する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項2】 送信する情報信号を無線変調信号に変換する無線信号変調部と、前記無線信号変調部の出力を光信号に変換し、空間に送信する光送信器とを具備する第1の光空間伝送装置と、

前記光送信器から空間を経て送信された光信号を受信して光信号に変換する複数の光受信器と、複数の前記光受信器の出力を合成するダイバーシチ無線信号処理部とを具備する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項3】 送信する情報信号を無線変調信号に変換する無線信号変調部と、前記無線信号変調部の出力を複数に分岐する手段と、分岐されたそれぞれの信号を光信号に変換し、空間に送信する複数の光送信器とを具備する第1の光空間伝送装置と、

複数の前記光送信器から空間を経て送信された複数の光信号を一括して受信し電気信号に変換する光受信器と、複数の前記光送信器からの光信号が相加され、電気信号に変換された前記光受信器の出力を等化し合成する無線信号処理部とを具備する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項4】 送信する情報信号を複数に分岐する手段と、分岐されたそれぞれの信号を無線変調信号に変換する複数の無線信号変調部と、複数の前記無線信号変調部の出力を光信号に変換し、空間に送信する複数の光送信器とを具備する第1の光空間伝送装置と、

複数の前記光送信器から空間を経て送信された複数の光信号を一括して受信し電気信号に変換する光受信器と、複数の前記光送信器からの光信号が相加され、電気信号に変換された前記光受信器の出力を等化し合成する無線信号処理部とを具備する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項5】 送信する情報信号を無線変調信号に変換する無線信号変調部と、前記無線信号変調部の出力を複数に分岐する手段と、分岐されたそれぞれの信号を光信号に変換し、空間に送信する複数の光送信器とを具備する第1の光空間伝送装置と、

複数の前記光送信器から空間を経て送信された複数の光信号を受信して電気信号に変換する複数の光受信器と、複数の前記光受信器の出力を等化合成するダイバーシチ

無線信号処理部とを具備する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項6】 送信する情報信号を複数に分岐する手段と、分岐されたそれぞれの信号を無線変調信号に変換する複数の無線信号変調部と、複数の前記無線信号変調部の出力を光信号に変換し、空間に送信する複数の光送信器とを具備する第1の光空間伝送装置と、

複数の前記光送信器から空間を経て送信された複数の光信号を受信して電気信号に変換する複数の光受信器と、複数の前記光受信器の出力を等化合成するダイバーシチ無線信号処理部とを具備する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項7】 請求項3から請求項6に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第1の光空間伝送装置は、複数に分岐された信号の一部の信号を遅延させる遅延装置を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項8】 送信する情報信号を無線変調信号に変換する無線信号変調部と、前記無線信号変調部の出力を分岐する手段と、分岐した一部の信号を遅延装置と、前記遅延装置の出力と、前記分岐した残りの信号を合波する合波器と、前記合波器の出力を光信号に変換し、空間に送信する光送信器とを具備する第1の光空間伝送装置と、

前記光送信器から空間を経て送信された光信号を受信して電気信号に変換する光受信器と、前記光受信器からの出力を等化合成する無線信号処理部とを具備する第2の光空間伝送装置とを有することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項9】 請求項2から請求項8に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第1の光空間伝送装置の無線信号変調部は、ベースバンド変調部と、前記ベースバンド変調部の出力を直交変調する直交変調部とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項10】 請求項2から請求項9に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記直交変調部の後段に周波数変換装置と、前記周波数変換装置の基準信号を発振する局部発振器とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項11】 請求項3から請求項4、及び請求項7から請求項10に記載の光空間伝送システムにおいて、前記第2の光空間伝送装置の無線信号処理部は、送信側から伝送されたベースバンド無線変調信号を検波する直交検波部と、前記直交検波部の出力を等化合成する等化器と、無線変調信号をもとの情報信号に変換するベースバンド復調部とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項12】 請求項3から請求項4、及び請求項7から請求項10に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置の無線信号処理部は、送信側から伝送された中間周波数又は無線周波数帯の無線変調信号をベースバンド帯に変換する周波数変換部と、前記周波数変換装置の基準信号を発振する局部発振器と、前記周波数変換器から出力されたベースバンド無線変調信号を検波する直交検波部と、前記直交検波部の出力を等化合成する等化器と、無線変調信号をもとの情報信号に変換するベースバンド復調部とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項13】 請求項2、請求項5から請求項7、及び請求項9から請求項10に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のダイバーシチ無線信号処理部は、送信側から伝送され、光受信器で受信された複数のベースバンド信号を検波する複数の直交検波部と、複数の前記直交検波部の出力をダイバーシチ合成するベースバンドダイバーシチ等化合成部と、前記ダイバーシチ等化合成部からの出力をもとの情報信号に変換するベースバンド復調部とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項14】 請求項2、請求項5から請求項7、及び請求項9から請求項10に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のダイバーシチ無線信号処理部は、送信側から伝送され、光受信器で受信された複数の中間周波数又は無線周波数帯の信号をダイバーシチ合成するダイバーシチ合成部と、前記ダイバーシチ等化合成部からの出力を周波数変換する周波数変換部と、前記周波数変換装置の基準信号を発振する局部発振器と、前記周波数変換器から出力されたベースバンド無線変調信号を検波する直交検波部と、前記直交検波部の出力を等化合成する等化器と、無線変調信号をもとの情報信号に変換するベースバンド復調部とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項15】 請求項2、請求項5から請求項7、及び請求項9から請求項10に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のダイバーシチ無線信号処理部は、送信側から伝送され、光受信器で受信された複数の中間周波数又は無線周波数帯の信号をそれぞれ周波数変換する複数の周波数変換部と、前記周波数変換装置の基準信号を発振する局部発振器と、複数の前記周波数変換器からの複数のベースバンド信号を検波する複数の直交検波部と、複数の前記直交検波部の出力をダイバーシチ合成するベースバンドダイバーシチ等化合成部と、前記ダイバーシチ等化合成部からの出力をもとの情報信号に変換するベースバンド復調部とを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項16】 請求項14に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のダイバーシチ無線信号処理合成部は、入力した複数の信号を最大比合成する手段を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項17】 請求項14に記載の光空間伝送システムにおいて、

受信側のダイバーシチ無線信号処理合成部は、入力した複数の信号を受信レベルに応じて選択合成する手段を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項18】 請求項14に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のダイバーシチ無線信号処理合成部は、入力した複数の信号を等利得合成する手段を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項19】 請求項13及び請求項15に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のベースバンドダイバーシチ等化合成部は、入力した複数のベースバンド信号をそれぞれ等化するトランスバーサル等化器と、複数の前記等化器の出力を最大比合成する手段を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項20】 請求項13及び請求項15に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のベースバンドダイバーシチ等化合成部は、入力した複数のベースバンド信号をそれぞれ等化するトランスバーサル等化器と、複数の前記等化器の出力を選択合成する手段を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項21】 請求項13及び請求項15に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のベースバンドダイバーシチ等化合成部は、入力された複数のベースバンド信号をそれぞれ等化するトランスバーサル等化器と、複数の前記等化器の出力を等利得合成する手段を具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項22】 請求項13及び請求項15に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のベースバンドダイバーシチ等化合成部は、適応判定帰還型トランスバーサル合成ダイバーシチを具備することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項23】 請求項22に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置の適応判定帰還型トランスバーサル合成ダイバーシチは、トランスバーサル等化器のタップ係数の決定に適応アルゴリズムを用いることを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項24】 請求項23に記載の光空間伝送システムにおいて、

前記第2の光空間伝送装置のトランスバーサル等化器タップ係数の決定に用いる適応アルゴリズムとして、RLS

アルゴリズムを用いることを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項25】 請求項24に記載の光空間伝送システムにおいて、  
前記第2の光空間伝送装置のトランスバーサル等化器のタップ係数決定に用いる適応アルゴリズムとして、LMSアルゴリズムを用いることを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項26】 請求項1ないし25に記載の光空間伝送システムにおいて、  
前記第1の光空間伝送装置と前記第2の光空間伝送装置を組み合わせて、光空間伝送受信装置を構成することを特徴とする光空間伝送システム。

【請求項27】 所定の2点間を光空間伝送する光空間伝送方法において、  
送信側は、送信する情報信号を無線変調信号に変換して、1又は複数の系統の光送信器にて光信号を送信し、  
受信側は、1又は複数の系統の光受信器で電気信号に変換した後に、等化合成又はダイバーシチ合成して出力を復調することを特徴とする光空間伝送方法。

【請求項28】 光送信器を有する光空間伝送装置と、  
光送信器を有する光空間伝送装置からの信号を受信してダイバーシチ合成して受信する光受信器を有する光空間伝送装置間とからなる光空間伝送システムにおける光送信器を有する光空間伝送装置において、  
光送信器を有する光空間伝送装置は、1又は複数の光送信器を有し、  
光送信器を有する光空間伝送装置は、無線変調信号に変換された一の情報信号を、時間をずらして複数回、1又は複数の光送信器から送信するか、又は無線変調信号に変換された一の情報信号を、1又は複数の光送信器から送信することを特徴とする光送信器を有する光空間伝送装置。

【請求項29】 無線変調信号に変換された一の情報信号を、時間をずらして複数回送信する、1又は複数の光送信器を有する光空間伝送装置と、光受信器を有する光空間伝送装置間とを光空間伝送により通信を行う光空間伝送システムにおける光受信器を有する光空間伝送装置において、  
光受信器を有する光空間伝送装置は、1又は複数の光受信器を有し、  
前記光送信器を有する光空間伝送装置が送信した信号の受信信号であって、時間的又は空間的に複数のパスで伝送された複数の受信信号をダイバーシチ合成して受信することを特徴とする光受信器を有する光空間伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光空間伝送システム、光空間伝送方法及び光空間伝送装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図17は、従来の光空間伝送装置の構成例を示すブロック図である。

【0003】 図17(1)における送信側1では、入力端3から伝送する情報が入力され、その信号は、光通信するための信号形式に信号変換部5により変換され、光送信器6により空間へ光送信される。その光信号は、受信側2で光受信器7により受信され電気信号に変換される。その出力は信号変換部8により情報信号に変換され出力端4に出力される。

【0004】 図17(2)においては、送信側1では、入力端3から伝送する情報が入力され、その信号は光通信するための信号形式に信号変換部5により変換され、光送信器6により空間へ光送信される。その光信号は、受信側2で受信開口拡大器9により拡大された開口により受信されて光受信器7の受信開口面に結像され光受信器7により光受信される。光受信器7で受信した光信号は、電気信号に変換され、その出力は信号変換部8により情報信号に変換され出力端4に出力される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、光送信器から送信された光信号が、空間を伝搬して受信側に伝わる際に、大気温度や湿度の変動により大気の屈折率が変動し、光ビームの伝搬路が変動するため、受信側では受信光の強度にゆらぎが生じる(スポットダグニング、ビームベンディング、シンチレーション)。そのため、晴天の天候状態が良好なときでも、上述の現象による回線品質の劣化又は回線断の発生が問題であった。

【0006】 また、図17(2)のように受信開口を拡大することでその影響を低減することが可能であるが、大きな開口を作らなければならず、光結像技術や、装置の大きさの面からも困難であるという問題があった。

【0007】 本発明は、上記問題に鑑みなされたものであり、大気温度や湿度の変動による大気の屈折率が変動した場合でも、伝送品質の劣化や回線断を低減して、高品質な光空間伝送システム、光空間伝送方法及び光空間伝送装置を提供することを目的とするのである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は前記問題点を解決するために、任意の複数の地点間を光空間伝送を行う光空間伝送システムにおいて、送信側(第1の光空間伝送装置)では、送信する情報信号を無線変調信号に変換したのち、光信号として、光空間伝送し、受信側(第2の光空間伝送装置)で複数の光受信器により無線変調信号に変換した後、ダイバーシチ合成受信することを特徴とする。

【0009】 これにより、光送信器から空間に送信された光信号を複数の光受信器で受信することにより、比較的相関の低い、ほぼ独立した光伝搬路を介した複数の光信号を得ることができ、それをダイバーシチ受信する際

には、情報信号を無線変復調信号部に交換して伝送することで、光空間伝送の送受信部のベースバンド処理に無線信号処理が適用でき、ダイバーシチ、等化処理などにより受信品質の向上が可能となる。

【0010】また、多値変調化等による伝送容量の拡大が可能となる。

【0011】また、送信側では、送信する情報信号を無線変調信号に変換し、その出力を複数に分岐し、分配されたそれぞれの信号を光信号に変換する、又は情報信号を複数に分岐し、それぞれ無線信号に変換して、光信号として空間に送信するための光送信器を複数備え、受信側では、複数の前記光送信器から空間を経て送信された複数の光信号を一括して受信して光信号に変換し、前記光受信器からの出力に含まれる相加された複数の無線信号を無線信号処理により等化し合成することを特徴とする。

【0012】これにより、複数の光送信器から空間に送信し、1つの光受信器で一括して受信し、その出力を等化合成することで、比較的相関の低い、ほぼ独立した光伝搬路を介した複数の光信号のダイバーシチ合成効果を得ることができ、その等化合成する際には、情報信号を無線変復調信号部に交換して伝送することで、無線信号処理として等化合成することによってより高品質なダイバーシチ効果を得ることができる。

【0013】また、送信1系統、受信複数系統又は、送信複数系統、受信1系統だけではなく、両者を組み合わせた、送信複数系統、受信複数系統の構成をとることにより、さらなる伝送品質の向上が可能となる。

【0014】さらに、送信側で、複数に分岐された信号の一部の信号を遅延させる遅延装置を具備し、複数に分岐した無線変調信号に変換された情報信号のうち、一部を遅延させそれぞれ複数の光送信器により光信号として空間に送信し、受信側で一括して光受信器により受信し、無線信号に変換したのち、等化合成することにより時間ダイバーシチ合成受信することを特徴とする。

【0015】これにより、時間的に変動する伝搬路の影響による伝送品質の劣化を時間的に分散させることができ、伝送品質の改善が可能となる。

【0016】また、送信側では、情報信号を無線変調信号に変換し、その出力を分岐して、一方の信号を遅延させて、もう一方の信号と合波して、光信号に変換し、光送信器により空間に送信することを備え、受信側では、前記光送信器から空間を経て送信された光信号を受信して無線信号に変換し、その出力を等化合成することにより時間ダイバーシチ合成受信することを特徴とする。

【0017】これにより、時間的に変動する伝搬路の影響による伝送品質の劣化を時間的に分散させることができ、伝送品質の改善が可能となる。

【0018】上記構成において、無線信号変調部は、ベースバンド変調部と、その出力を直交変調する直交変調

部を具備することを特徴とし、ヘースバンド無線変調信号を光信号に変換し伝送する。又は無線信号変調部は、前記直交変調部の出力を周波数変換し、中間周波数又は無線周波数帯の信号に変換し、中間周波数又は無線周波数帯の無線信号として光信号に変換し伝送することを特徴とする。受信側の無線信号処理部は、ベースバンド伝送の場合は、光受信器からの無線信号出力を検波する直交検波部と、その複数の出力を等化する等化器と、その出力を情報信号に変換するベースバンド復調部を具備することを特徴とし、中間周波数又は無線周波数帯伝送の場合は、光受信器からの無線信号出力を周波数変換し、ベースバンド信号に変換し、その出力を検波する直交検波部と、その複数の出力を等化する等化器と、その出力を情報信号に変換するベースバンド復調部を具備することを特徴とする。

【0019】これにより複数の光送信器からの光信号を一括で受信した場合、等化器を用いることで等化合成することができる。ダイバーシチ無線信号処理部は、ベースバンド伝送の場合は、複数の光受信器からのベースバンド信号の出力を、それぞれ直交検波し、その出力はベースバンドダイバーシチ等化合成部により等化ダイバーシチ合成される。また、中間周波数又は無線周波数帯伝送の場合は、複数の中間周波数又は無線周波数帯の信号をダイバーシチ合成部によりダイバーシチ合成し、その出力をベースバンド帯に変換し復調すること、及び複数の中間周波数又は無線周波数帯の信号をそれぞれベースバンド帯に変換し、ベースバンドダイバーシチ等化合成をすることを特徴とする。

【0020】中間周波数又は無線周波数帯でのダイバーシチ合成部は、最大比合成、選択合成、又は等利得合成の機能を具備することを特徴とする。また、ベースバンドダイバーシチ等化合成部は、複数のベースバンド信号をそれぞれ等化し、その後、最大比合成、選択合成、又は等利得合成の機能を具備すること、又は適応判定帰還型トランスバーサル合成ダイバーシチを具備することを特徴とする。上記の適応判定帰還型トランスバーサル合成ダイバーシチは、トランスバーサル等化器のタップ係数の決定に適応アルゴリズムを用いることを特徴とし、そのアルゴリズムには、RLSアルゴリズム、又はLMSアルゴリズムなどの適応アルゴリズムを用いることを特徴とする。

〔発明の詳細な説明〕

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。

【0021】図1から図3は、送信側の光送信器及び受信側の光受信器において、送信器又は受信機を複数設けた場合を示す図である。

【0022】なお、以下の説明において、複数の光送信器又は複数の光受信器として、それぞれ、二つ設けた例で説明しているが、本願発明は、2つに限らず、2以上

の光送信器又は光受信器数で適用可能である。

【0023】図1においては、送信側10では、入力端11からの情報信号（データ入力信号）は、無線信号変調部12によって無線変調信号に変換される。その出力は、光送信器13によって光信号に変換され、空間に送信される。

【0024】受信側20では、送信された光信号が複数の光受信器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>によって受信され、それぞれ電気信号に変換される。各光受信器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>からの出力は、ダイバーシチ無線信号処理部24により、ダイバーシチ合成及び復調され、復調された情報信号（データ出力信号）が出力端21に出力される。

【0025】この実施例では、入力情報信号を無線変調信号に変換し、光伝送することにより、無線通信で用いられるダイバーシチ等の信号処理を施すことが可能となり、通信品質のさらなる向上が可能となる。

【0026】図2においては、送信側10では、入力端11からの情報信号は、無線信号変調部12によって無線変調信号に変換される。その出力は、分岐器14により複数の分岐され（図2では、二つに分岐されているが、本発明は、二つに限定されない。2以上の分岐で、本願発明は適用可能である。以下の、分岐についても同じである。）、それぞれ光送信器13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>によって光信号に変換され、空間に送信される。

【0027】空間に送信されたそれぞれの光信号は、受信側の光受信器22によって一括して受信され、電気信号に変換される。その電気変換された出力は、無線信号処理部23により、それぞれ等化合成、及び復調され、もとの情報信号に変換され、出力端21に出力される。

【0028】また、図2において、分岐器14の一方の出力に遅延装置16を挿入したものが、図6に示されている。

【0029】図6のように、送信側の無線信号変調部の出力を分岐した信号の一方に遅延装置16を挿入して、光送信することで、受信側では、時間ダイバーシチ効果を得ることが可能となり、さらなる通信品質の向上が可能となる。

【0030】なお、遅延装置は、他方の分岐器14の出力に設けてもよい。また、複数の分岐があり、複数の遅延装置を挿入する場合、各遅延装置の遅延量を異ならせてもよい。

【0031】図3においては、送信側10では、入力11端からの情報信号は分岐器15により複数の分岐され、それぞれ無線信号変調部12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>によって無線変調信号に変換される。その出力は、それぞれ光送信器13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>によって光信号に変換され、空間に送信される。

【0032】空間に送信されたそれぞれの光信号は、受信側20の光受信器22によって一括して受信され、電気信号に変換される。この電気変換された出力は、無線

信号処理部23により、それぞれ等化合成、及び復調され、もとの情報信号に変換され、出力端21に出力される。

【0033】また、図7のように、送信側10の無線信号変調部12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>の一方の出力（図7では、無線信号変調部12<sub>1</sub>の出力）に、遅延装置16を挿入してから光送信することで、受信側では、時間ダイバーシチ効果を得ることが可能となり、通信品質の向上が可能となる。

【0034】なお、分岐が3以上の場合、それぞれ異なる遅延回路を挿入してもよい。

【0035】図4及び図5は、送信側の光送信器及び受信側の光受信器を複数設けた場合を示す図である。

【0036】図4における送信側10では、無線信号変調部12の出力を分岐して送信側の光送信器13を複数設けるようにし、図5における送信側10では、入力端11からの情報信号を分岐し、それぞれ無線信号変調部12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>を介して、複数の光送信器13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>により空間に送信される。

【0037】また、図4及び図5における受信側20では、複数の光受信器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>で受信した光信号を電気信号に変換し、ダイバーシチ無線信号処理部24により、等化及びダイバーシチ合成受信される。

【0038】また、図8及び図9は、図4及び図5において、送信側10で分岐器14又は15により分岐した信号の一部に遅延装置16を挿入するものである。図8及び図9に記載されたものは、送信側10から、同じ信号が時間を異にして送信され、受信側20では、時間ダイバーシチ効果を併せて得ることが可能となり、通信品質の向上が可能となる。

【0039】図10においては、入力端11からの情報信号は無線信号変調部12により無線信号に変換される。その出力は分岐器17により分岐され、一方は遅延装置18により遅延され、再び、もう一方の信号と合波器19により合波される。合波された信号は、光送信器13により光信号に変換され、空間に送信される。

【0040】受信側20で、送信側10からの光信号は、光受信器22により受信され、電気信号に変換される。その出力は、無線信号処理部23により、等化合成され、もとの情報信号に変換され出力端21から出力される。

【0041】図10の構成により、送信側10で無線変調信号を分岐し、一方を遅延させて、再び合波してから光伝送し、受信側で等化合成することで、時間ダイバーシチ効果を得ることができる。

【0042】図11においては、図1から図10における無線変調部の構成例を示す。

【0043】図11(1)は、ベースバンド伝送の場合である。

【0044】入力された情報信号は、ベースバンド無線



変調部33により、I(In Phase)成分、Q(Quadrature Phase)成分のベースバンド変調信号に変換され、直交変調器34によりI、Q成分が直交変調され、出力端子32から出力される。

【0045】図11(2)は、中間周波数又は無線周波数帯伝送の場合である。図11(1)における直交変調器34の出力が、局部発振器36と周波数変換部35により所望の周波数帯に変換され、出力端子32から出力される。

【0046】図12は、図2、3、6、7、10における無線信号処理部であり、複数の光送信器からの信号を、受信側が1系統の光受信器で受信した場合の無線信号処理部の構成例を示す。

【0047】図12(1)は、ベースバンド伝送の場合で、入力されたベースバンド無線変調信号は、直交検波部43により直交検波され、I、Q成分が出力される。その出力は、等化器44により直接波成分、遅延波成分が等化合成され、ベースバンド復調部45によりもとの情報信号に変換される。

【0048】図12(2)は、中間周波数又は無線周波数帯伝送の場合で、入力された中間周波数又は無線周波数帯の無線信号は、周波数変換部46、局部発振器47によりベースバンド帯に変換される。その出力は、直交検波部43、等化器44、ベースバンド復調部45により、もとの情報信号に変換される。

【0049】図13は、図1、4、5、8、9に示すように、受信側が、複数系統の光受信器で受信した場合のダイバーシチ無線信号処理部の構成例を示す。

【0050】図13(1)はベースバンド伝送の場合で、複数の入力されたベースバンド無線信号は、それぞれ直交検波部53<sub>1</sub>、53<sub>2</sub>で直交検波され、I、Q成分が出力される。それぞれの出力は、ベースバンドダイバーシチ等化合成部54により等化、ダイバーシチ合成され、ベースバンド復調部55によりもとの情報信号に変換され、出力される。

【0051】図13(2)は、中間周波数又は無線周波数帯伝送の場合で、図13(2)(A)はダイバーシチ合成を中間周波数又は無線周波数帯で行う場合である。入力された複数の中間周波数又は無線周波数帯の無線信号は、ダイバーシチ合成部56により、ダイバーシチ合成され、その出力は、周波数変換部57、局部発振器58によりベースバンド帯の信号に変換され、直交検波部53を介し、等化器59により等化され、ベースバンド復調部55により、もとの情報信号に変換され、出力端子52より出力される。

【0052】図13(2)(B)は、ダイバーシチ合成をベースバンドで行う場合である。

【0053】入力された複数の中間周波数又は無線周波数帯の無線信号は、それぞれ周波数変換部57<sub>1</sub>、57<sub>2</sub>、局部発振器58により所望の中間周波数帯の信号に

変換され、直交検波部53<sub>1</sub>、53<sub>2</sub>により直交検波される。その複数の出力は、ベースバンドダイバーシチ等化合成部54により等化、ダイバーシチ合成され、ベースバンド復調部55により、もとの情報信号に変換され、出力端子52より出力される。

【0054】図14においては、ダイバーシチ合成を中間周波数又は無線周波数帯で行う図13(2)(A)におけるダイバーシチ合成部の構成例を示す。

【0055】図14(1)は、最大比合成の場合で、入力端子入力61<sub>1</sub>、61<sub>2</sub>から入力された信号の振幅と位相が、振幅、位相検出部63<sub>1</sub>、63<sub>2</sub>により検出される。位相検出部63<sub>1</sub>、63<sub>2</sub>で検出された振幅と位相に基づいて、合波器65で同位相、同レベルで合成されるように、それぞれ振幅、位相制御部64<sub>1</sub>、64<sub>2</sub>により振幅、位相を制御し、合波される。

【0056】図14(2)は、選択合成の場合で、入力端子入力61<sub>1</sub>、61<sub>2</sub>から入力された信号は、それぞれ振幅検出部66<sub>1</sub>、66<sub>2</sub>によりレベル検出される。振幅検出部66<sub>1</sub>、66<sub>2</sub>は、検出したレベルに応じて、切り換えスイッチを制御し、レベルの高い方の信号がスイッチングされて、出力端子62から出力される。

【0057】図14(3)は、等利得合成の場合で、入力された信号はそれぞれ、合波器65により合波され、出力される。

【0058】図15は、ダイバーシチ合成をベースバンドで行う図13(1)及び図13(2)(B)におけるベースバンドダイバーシチ等化合成部の構成例を示す。

【0059】図15(1)は最大比合成の場合、図15(2)は選択合成の場合、図15(3)は等利得合成の場合を示す。入力されたI、Q成分の信号は、それぞれ等化器73<sub>1</sub>、73<sub>2</sub>により等化された後、図14の場合と同様に、最大比合成、選択合成、又は等利得合成される。

【0060】図16は、図13(1)及び図13(2)(B)におけるベースバンドダイバーシチ等化合成部の別の構成例を示す。

【0061】これは判定帰還型トランスバーサル合成ダイバーシチを適用した例を示している。この構成の動作について以下に詳述する。

【0062】なお、図16は2ブランチダイバーシチ(K=2)の場合の構成例である。ここでは、一般にK個の光受信器を用いた場合のKブランチダイバーシチの場合について説明する。

【0063】図16においては、各受信ブランチに対応するフィードフォワードフィルタ(FFF)及びフィードバックフィルタ(FBF)は、変調無線信号が直交検波されたIQベースバンド信号を取り扱うので、複素トランスバーサルフィルタで構成されている。

【0064】各ダイバーシチブランチで受信される信号は、伝送路での遅延時間分散によりタイミング位相が異

なる場合があるので、ここで用いる FFF は、このタイミングジッタを吸収できるように分数間隔形とすることができる。なお、FBF は、変調信号のシンボル時間間隔でよい。

【0065】ここでは、FFF の時間間隔として、シンボル時間の半分の時間間隔を用いた場合で説明する。また、到来する光信号を K 個の光受信器で受信する K ブランチダイバーシチの場合の例で説明する。

【0066】K 個の光受信器のうち、第 K 番目の光受信器の出力する無線変調信号は、直交検波部（例えば、図 13(1) 及び図 13(2) (B) における直交検波部 53）へ入力され、直交検波される。直交検波後、無線変調信号は、同相成分 (I 成分) と直交成分 (Q 成分) のベ-

$$X_k^H(i) = [y_k * (i) \ y_k * (i-1/2) \cdots y_k * (i-(N_F-1)/2)] \quad (1)$$

とする。但し、\* は複素共役、 $N_F$  は FFF のタップ数を表す。

$$W_K^H(i) = [W_{K,i} * (0) \ W_{K,i} * (1) \cdots W_{K,i} * (N_F-1)] \quad (2)$$

となる。さらに、判定値すなわち FBF の入力を  $d(i)$  と

$$X_0(i) = [d * (i-1) \ d * (i-2) \cdots d * (i-N_B)] \quad (3)$$

となる。ここで、 $N_B$  は FBF のタップ数である。FBF

$$W_0^H(i) = [W_{0,i} * (0) \ W_{0,i} * (1) \cdots W_{0,i} * (N_B)] \quad (4)$$

とおく、ここで、式 (1) と (3) を合成して得られた信号ベクトル  $X(i)$  と、式 (2) と (4) を合成して得られたタ

$$X^H(i) = [X_0^H(i) \ X_1^H(i) \ X_2^H(i)] \quad (5)$$

$$W^H(i) = [W_0^H(i) \ W_1^H(i) \ W_2^H(i)] \quad (6)$$

これらは、M 次元ベクトルである。但し、 $M = 2N_F + N_B$  である。時点 i において用いるタップ係数には、時

$$y(i) = W(i-1) X(i) \quad (7)$$

で表される。これを判定した値  $d(i)$  を用いて、事前推定誤差  $\alpha(i)$  は次式で表される。

$$\alpha(i) = d(i) - y(i) \quad (8)$$

これらの変数を用いて RLS (Recursive Least Squares) アルゴリズムを適用した場合は、以下のようにしてタップ係数ベクトル  $W(i-1)$

$$P(0) = \delta^{-1} I \quad (9a)$$

$$W(0) = [0] \quad (9b)$$

$$k(i) = \{\lambda^{-1} P(i-1) X(i)\} / \{1 + \lambda^{-1} X^H(i) P(i-1) X(i)\} \quad (10a)$$

$$\alpha(i) = d(i) - W^H(i-1) X(i) \quad (10b)$$

$$W(i) = W(i-1) + k(i) \alpha^* \quad (10c)$$

$$P(i) = \lambda^{-1} P(i-1) - \lambda^{-1} k(i) X^H(i) P(i-1) \quad (10d)$$

但し、式 (9) は初期条件であり、 $\delta$  は小さな正の実数、 $P(i)$  は、 $M \times N$  の正方マトリクスである。I はユニットマトリクス、[0] はゼロベクトルである式 (10) は逐次式である。 $\lambda$  は忘却係数、 $k(i)$  はカルマン係数である。

【0072】以上の動作により、各光受信器からの入力

スバンド信号となる。上記 I、Q ベースバンド信号を A/D 変換器 (図示せず) でサンプリングすることにより、複素ベースバンド信号のサンプル値系列が得られ、入力端子  $81_1$ 、 $81_2$  に入力される。

【0067】ここでは、シンボル時間の半分の時間間隔を用いた FFF であるので、複素ベースバンド信号のサンプル値系列は、シンボル間隔を T とすると、 $T/2$  時間間隔の複素ベースバンド信号のサンプル値を入力信号サンプル系列として取り扱うこととなる。前記第 K ブランチにおける、時刻  $t = iT$  (T はシンボル間隔) の入力信号サンプル系列を、入力信号ベクトル  $X_k(i)$  とすると、第 K ブランチにおける入力信号ベクトル  $X_k(i)$  を

【0068】また、第 K ブランチに対応する FFF のタップ係数ベクトル  $W_K(i)$  は

すると、FBF のタップ信号  $X_0(i)$  は

のタップ係数  $W_0(i)$  を

タップ係数ベクトル  $W(i)$  を次のように定義する。

【0069】

点  $i-1$  で求めた予測値  $W(i-1)$  を用いる。そのため、判定器への入力信号  $y(i)$  は

【0070】

を更新する。

【0071】

信号に対応する各ダイバーシチブランチの複素ベースバンド信号処理により、等化ダイバーシチ合成することができる。

【0073】また、上記発明では、適応アルゴリズムとして、LMS (Least Mean Squares) アルゴリズムなどの他のアルゴリズムを用いること

もできる。ここにおいて、前記判定帰還形トランスバーサル合成ダイバーシチでは、光空間伝搬路を含む伝送路に対して適応アルゴリズムを用いてタップ係数を調整し、伝送路歪みを除去することができ、光空間伝搬路におけるスポットダンシング、ビームベンディング、シンチレーション、その他、伝搬遅延歪みなどの伝搬路の歪みを補正し、伝送品質の改善ができる。光変調信号を直接補正するのではなく、無線変調信号に変換させて伝送し、光空間伝搬路における歪みを無線ベースバンド信号における信号処理により補正できるところが特徴である。

#### 【0074】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、任意の地点間を光空間伝送により通信する通信方式において、送信側で情報信号をベースバンド変調して光空間通信することで、無線通信で行われていた、等化、ダイバーシチ合成等の信号処理技術を適用することが可能となり、大気湿度や温度変動による伝送品質の劣化や回線断を低減することができるため、高品質な光空間伝送システム、光空間伝送方法及び光空間伝送装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例（光受信器が複数）を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施例（光送信器が複数）（その1）を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施例（光送信器が複数）（その2）を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数）（その1）を示すブロック図である。

【図5】本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数）（その2）を示すブロック図である。

【図6】本発明の実施例（光送信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その1）を示すブロック図である。

【図7】本発明の実施例（光送信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その2）を示すブロック図である。

【図8】本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その1）を示すブロック図である。

【図9】本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その2）を示すブロック図である。

【図10】本発明の実施例（光送信器及び光受信器が単数で、送信器に遅延回路を設けた）を示すブロック図である。

【図11】無線信号変調部の構成例を示すブロック図である。

【図12】無線信号処理部の構成例を示すブロック図である。

【図13】ダイバーシチ無線信号処理部の構成例を示すブロック図である。

【図14】ダイバーシチ合成部の構成例を示すブロック図である。

【図15】ダイバーシチ等化合成部の構成例（その1）を示すブロック図である。

【図16】ダイバーシチ等化合成部の構成例（その2）を示すブロック図である。

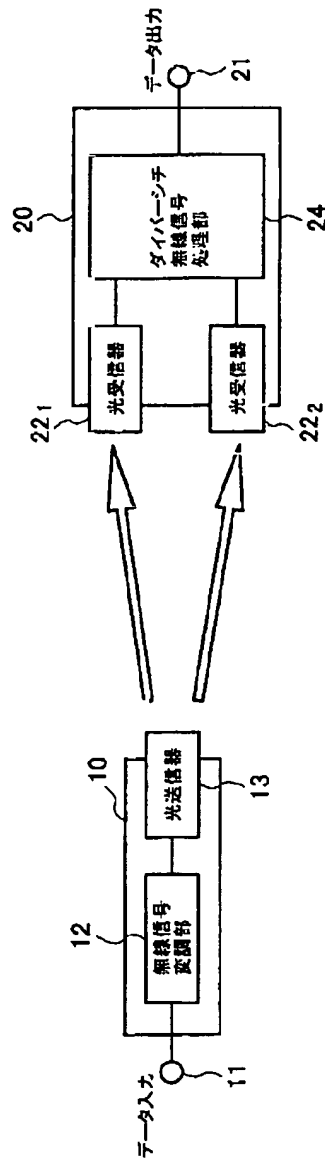
【図17】従来の技術を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

- 10 送信側
- 11、31、41、51、61、71、81 入力端子
- 12、30 無線信号変調部
- 13 光送信器
- 14、17 分岐器
- 15 データ分岐器
- 16、18 遅延装置
- 19 合波器
- 20 受信側
- 21、32、42、52、62、72、82 出力端子
- 22 光受信器
- 23、40 無線信号処理部
- 24、50 ダイバーシチ無線信号処理部
- 33 ベースバンド変調部
- 34 直交変調器
- 35、46、57 周波数変換部
- 36、47、58 局部発振器
- 43、53 直交検波部
- 44、59、73 等化器
- 45、55 ベースバンド復調部
- 54 ベースバンドダイバーシチ等化合成部
- 56、60、80 ダイバーシチ合成部
- 63、74 振幅、位相検出部
- 64、75 振幅、位相制御部
- 65、76 合波器
- 66、77 振幅検出部
- 67、78 切り換えスイッチ部
- 83 FFF
- 84 タップ係数制御装置
- 85、86、89 加算器
- 87 判定器
- 88 FBF

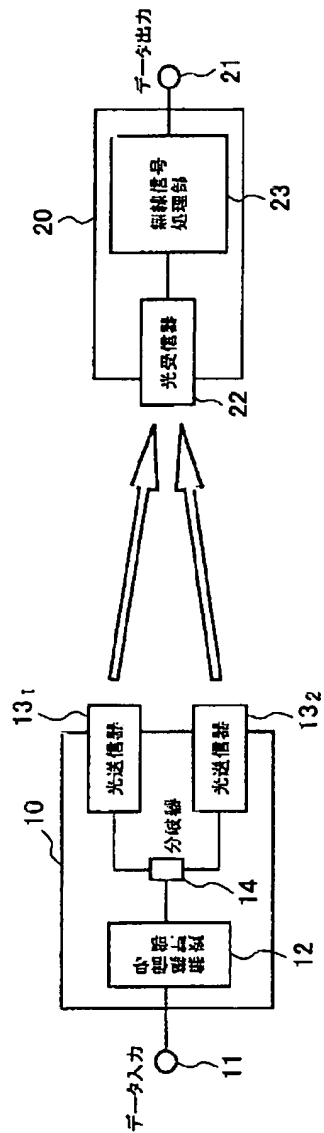
【図1】

本発明の実施例（光受信機器が複数）を示すブロック図



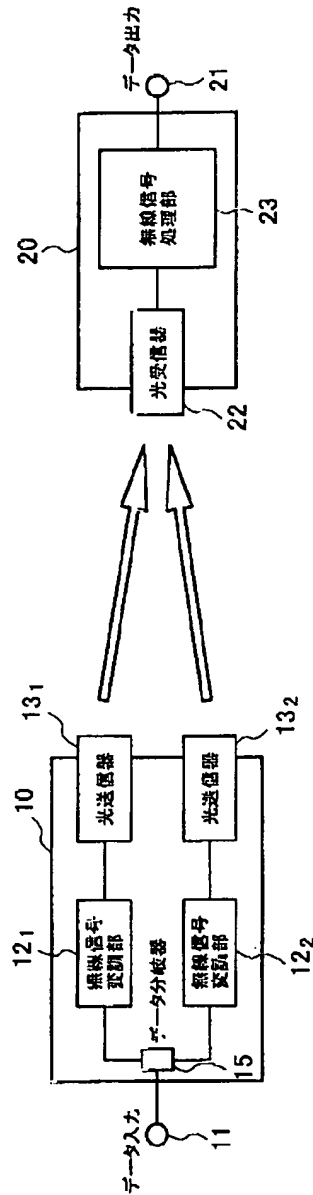
【図2】

本発明の実施例（光送信器が複数）（その1）を示すブロック図



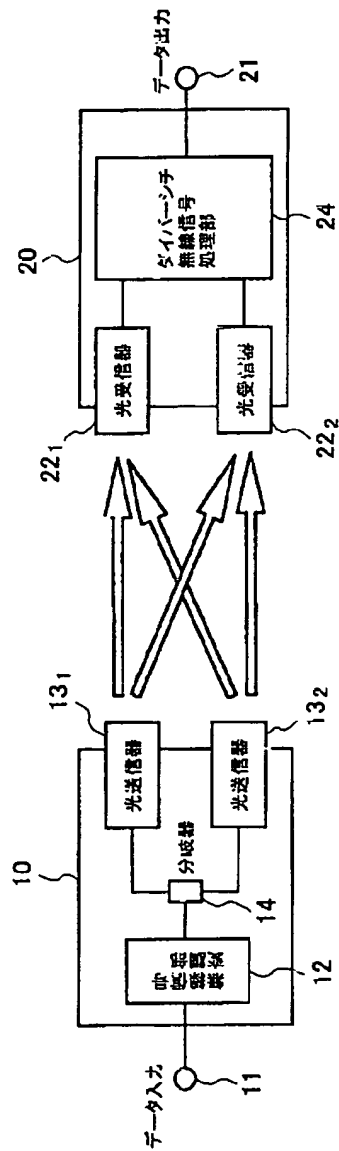
【図3】

本発明の実施例（光送信器が複数）（その2）を示すブロック図



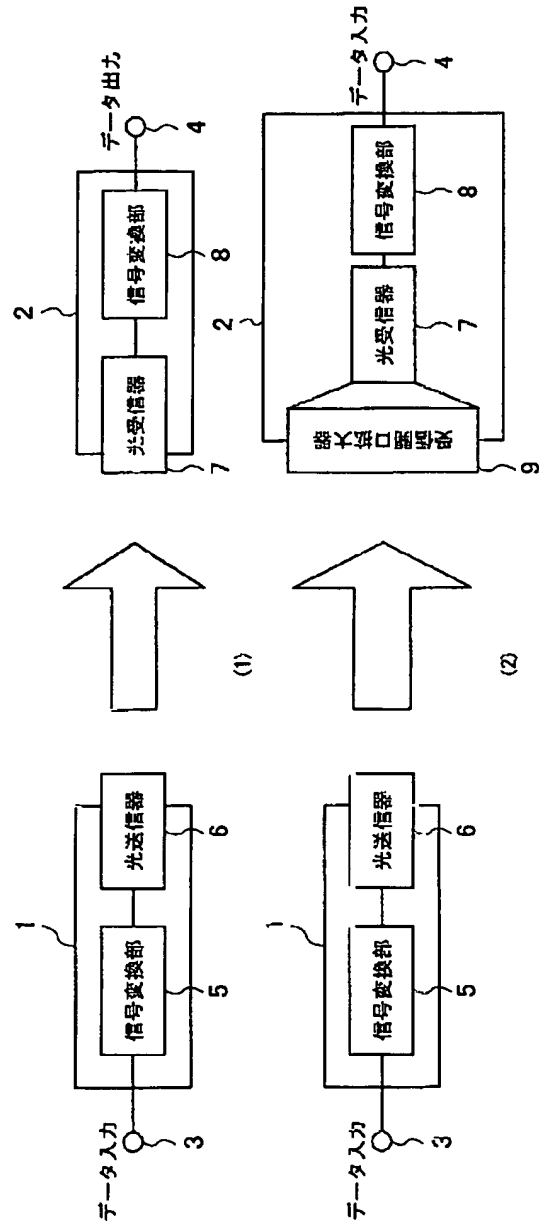
【図4】

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数）  
（その1）を示すブロック図



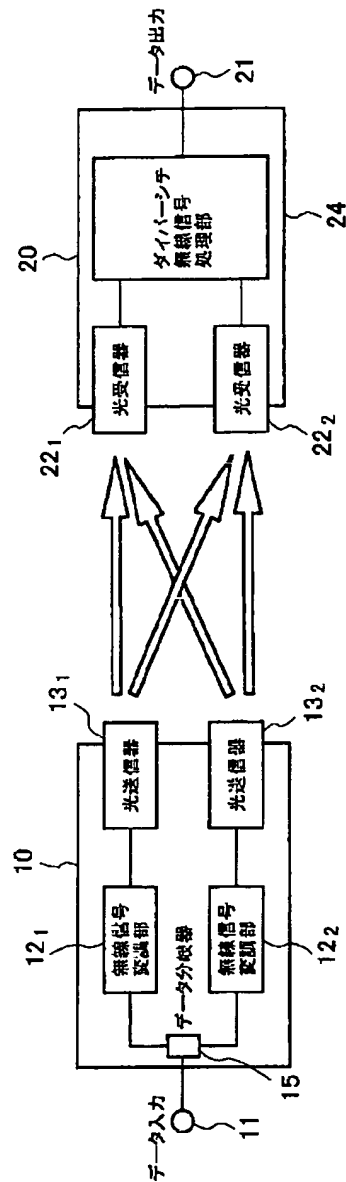
【図17】

従来の技術を示すブロック図



【図5】

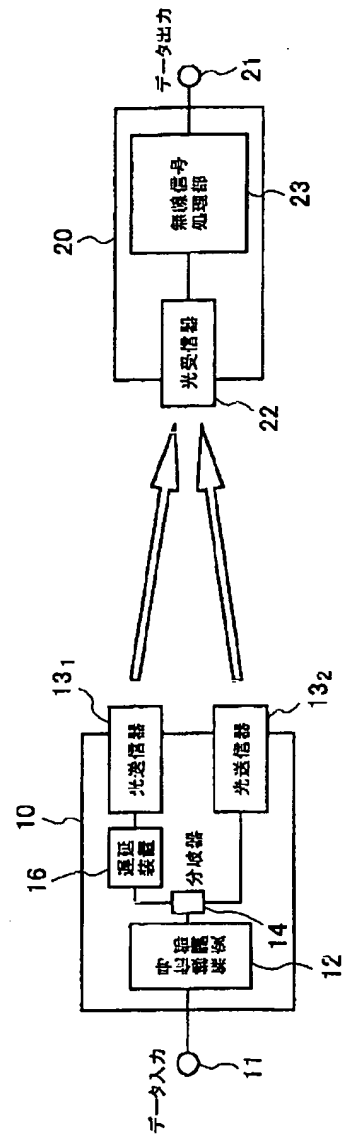
本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数）  
（その2）を示すブロック図





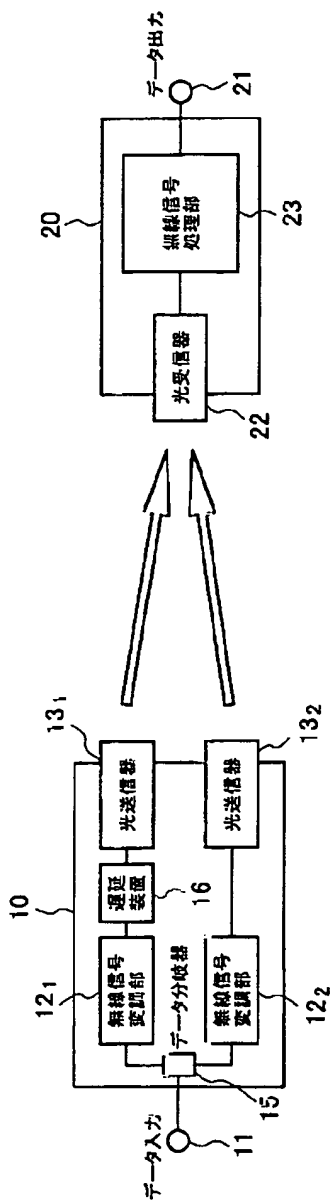
【図6】

本発明の実施例（光送信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その1）を示すブロック図



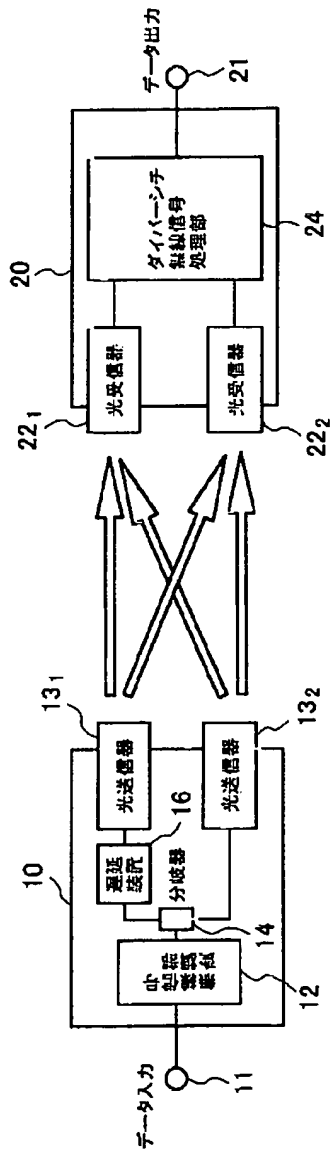
【図7】

本発明の実施例（光送信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その2）を示すブロック図



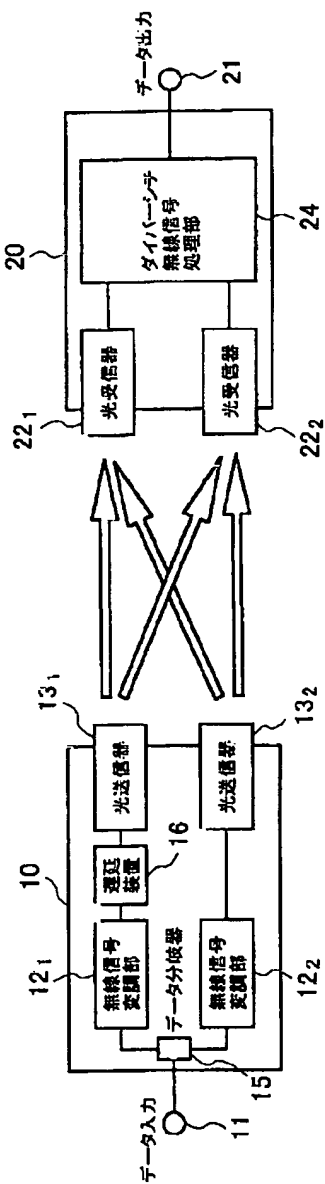
【図8】

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その１）を示すブロック図



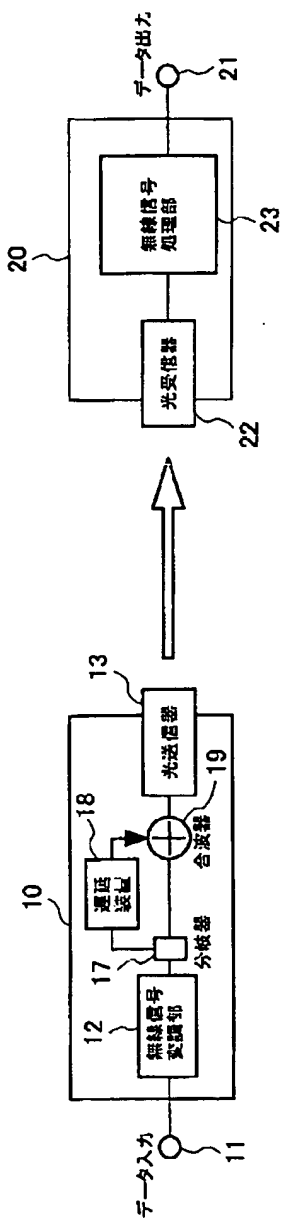
【図9】

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が複数で、一部の送信信号が遅延）（その2）を示すブロック図



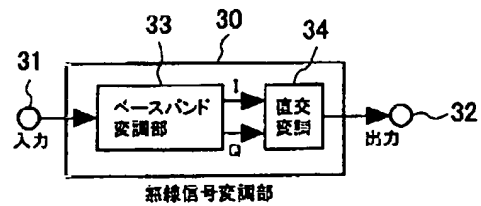
【図10】

本発明の実施例（光送信器及び光受信器が単数で、送信器に遅延回路を設けた）を示すブロック図

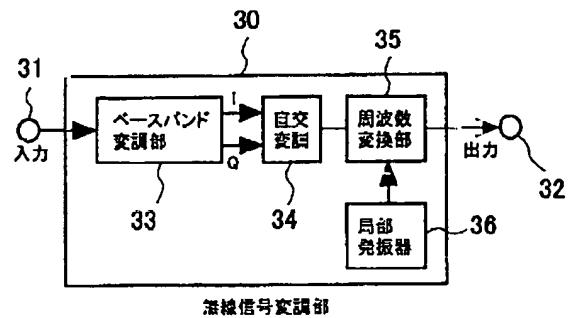


【図11】

無線信号変調部の構成例を示すブロック図



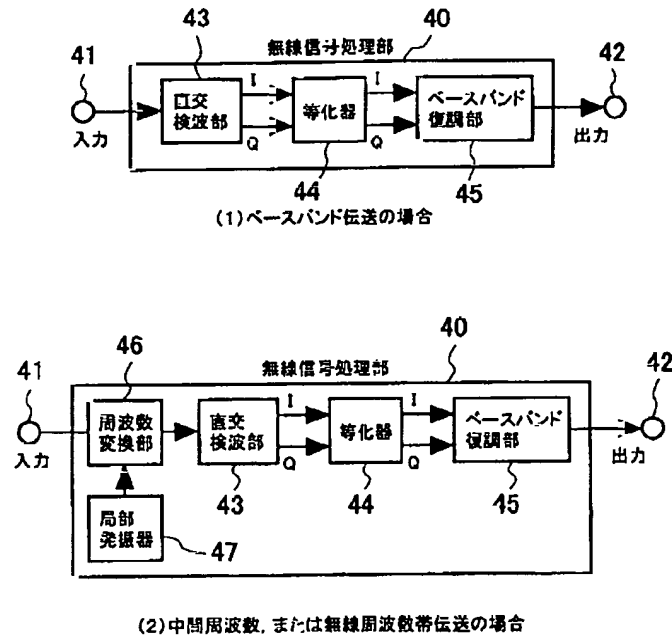
(1) ベースバンド伝送の場合



(2) 中間周波数、または無線周波数帯伝送の場合

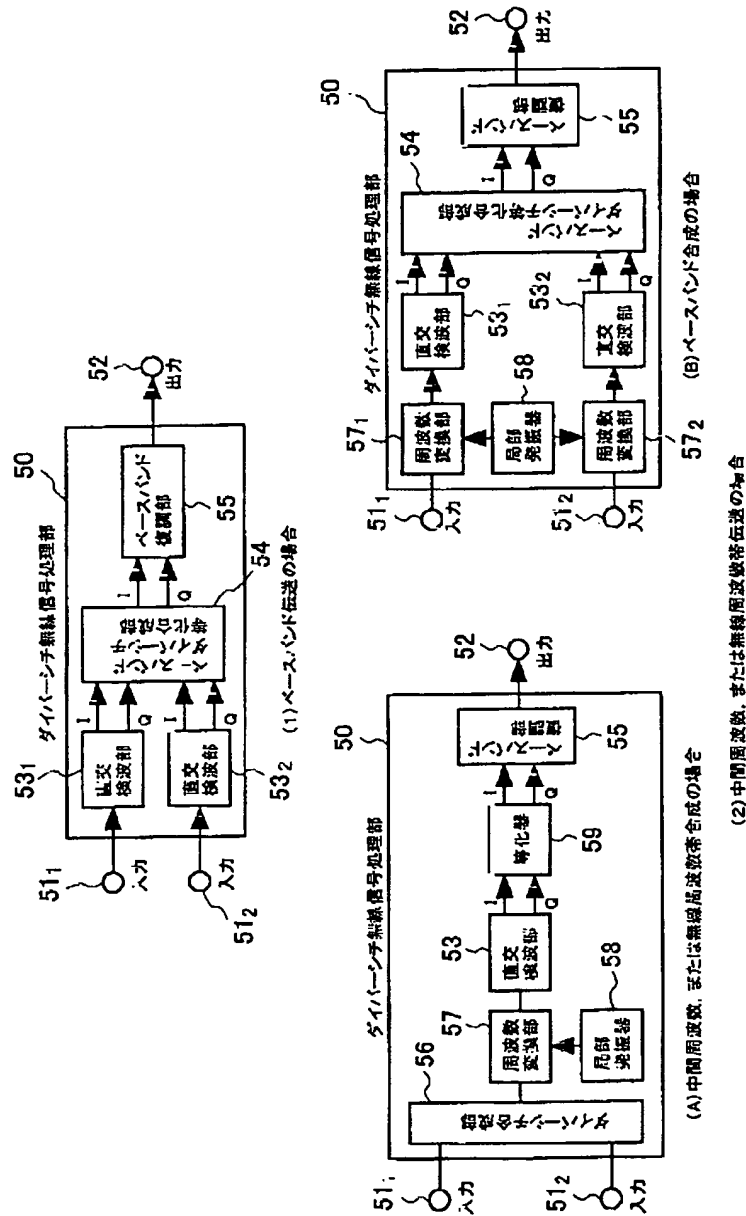
【図12】

無線信号処理部の構成例を示すブロック図



【図13】

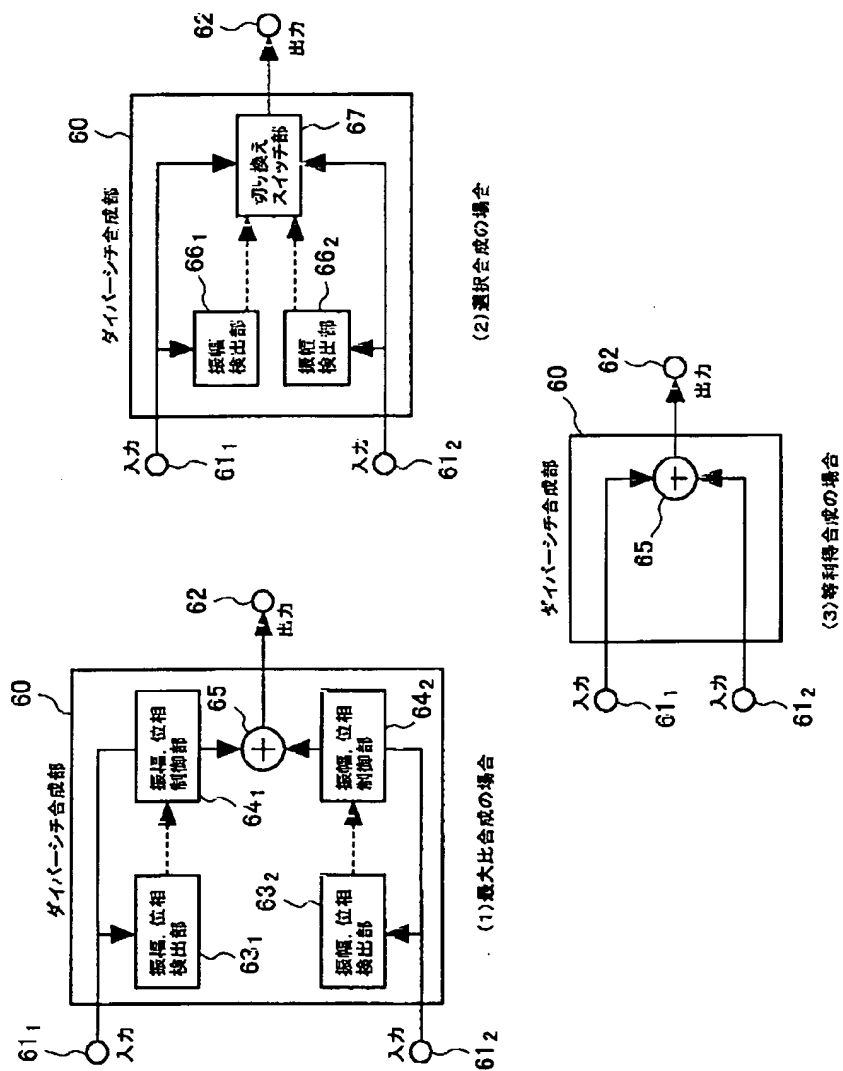
ダイバーシチ無線信号処理部の構成例を示すブロック図





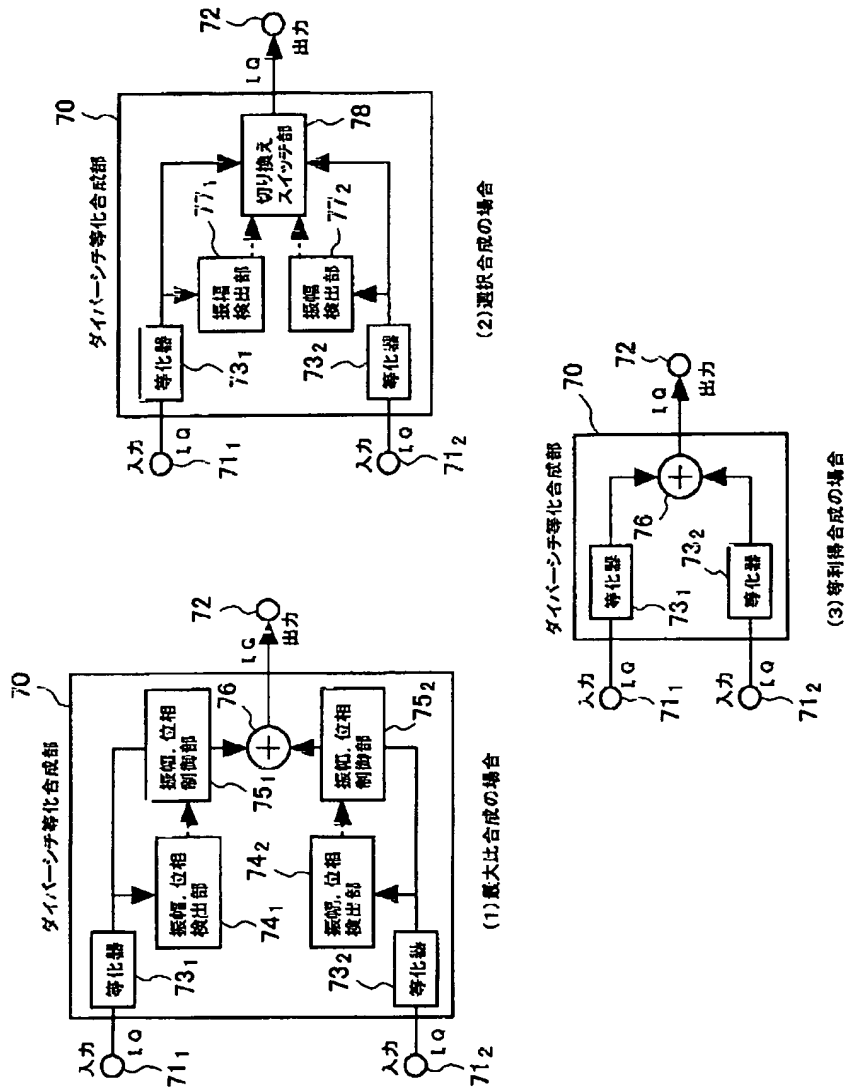
【図14】

ダイバーシチ合成部の構成例を示すブロック図



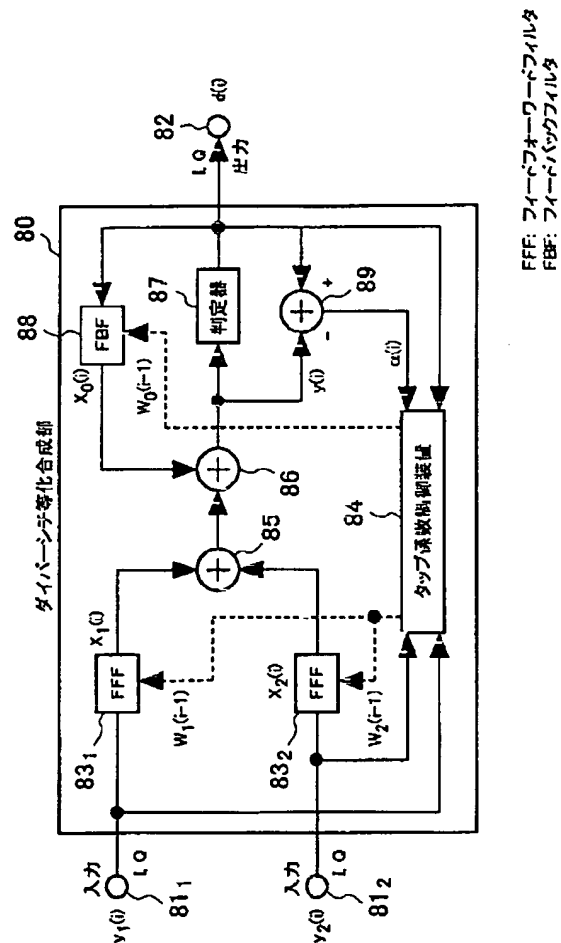
【図15】

ダイバーシチ等化合成部の構成例（その１）を示すブロック図



【図16】

ダイバーシチ等化合成部の構成例（その2）を示すブロック図



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>H 0 4 B 10/10  
10/22  
10/02

識別記号

F I

H 0 4 B 9/00

(参考)

H

(72)発明者 山尾 泰

東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株  
式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 CA01 FA03

5K059 AA08 CC02 CC03 CC07 DD02  
DD16 DD24 DD31 DD32 DD39  
EE02

